

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

---

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 9 月 2 4 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年 特 許 願 第 2 6 9 8 9 4 号

出 願 人

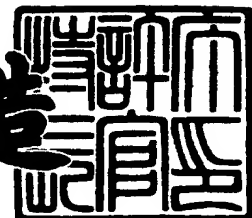
Applicant (s):

本田技研工業株式会社

2 0 0 0 年 7 月 2 1 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 0 - 3 0 5 6 8 4 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 E98-131

【提出日】 平成11年 9月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B21D 7/06  
B21D 7/12

【発明の名称】 押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法

【請求項の数】 10

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山 1 - 1 0 - 1    ホンダエンジニアリング株式会社内

    【氏名】 武田 謙三

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山 1 - 1 0 - 1    ホンダエンジニアリング株式会社内

    【氏名】 丸山 学

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山 1 - 1 0 - 1    ホンダエンジニアリング株式会社内

    【氏名】 廻 秀夫

【発明者】

    【住所又は居所】 埼玉県狭山市新狭山 1 - 1 0 - 1    ホンダエンジニアリング株式会社内

    【氏名】 影山 善浩

【特許出願人】

    【識別番号】 000005326

    【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100105094

【弁理士】

【氏名又は名称】 山▲崎▼ 薫

【電話番号】 03-5226-0508

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049618

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9804619

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、形状データで特定される長尺製品の曲率に基づき、長尺材に加えられる曲げモーメントを算出する工程と、算出された曲げモーメントに基づき、長尺材に引き起こされる弾塑性曲げ変形量を算出する工程と、算出された弾塑性曲げ変形量および幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とを備えることを特徴とする押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法において、前記弾塑性曲げ変形量は、曲げモーメント  $M$ 、ヤング率  $E$  および断面二次モーメント  $I$  を用いて表現されることを特徴とする押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法において、前記曲げモーメントを算出するにあたって、前記長尺材の断面に沿って歪み分布が特定されることを特徴とする押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法。

【請求項 4】 長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、形状データで特定される長尺製品の曲率に基づき、長尺材に加えられる曲げモーメントを算出する工程と、算出された曲げモーメントに基づき、長尺材に引き起こされる弾塑性曲げ変形量を算出する工程と、算出された弾塑性曲げ変形量および幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とをコンピュータに実現させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 5】 長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、押し通し曲げ加工機の固定型の出口で長尺材の剪断変形および断面変形に基づき引き起こされる長尺材の出口回り折れ角量を取得する工程と、取得された出口回り折れ角量および可動型の幾何

的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とを備えることを特徴とする押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法。

【請求項 6】 長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、押し通し曲げ加工機の固定型の出口で長尺材の剪断変形および断面変形に基づき引き起こされる長尺材の出口回り折れ角量を取得する工程と、取得された出口回り折れ角量および可動型の幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とをコンピュータに実現させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 7】 長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、少なくとも押し通し曲げ加工機の固定型および可動型のいずれか一方に対する長尺材のクリアランス量を取得する工程と、取得されたクリアランス量および可動型の幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とを備えることを特徴とする押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法。

【請求項 8】 長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、少なくとも押し通し曲げ加工機の固定型および可動型のいずれか一方に対する長尺材のクリアランス量を取得する工程と、取得されたクリアランス量および可動型の幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とをコンピュータに実現させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 9】 長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、押し通し曲げ加工機の固定型の出口で長尺材の断面変形量を取得する工程と、取得された断面変形量および可動型の幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とを備えることを特徴とする押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法。

【請求項 10】 長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、押し通し曲げ加工機の固定型の出口で長尺材の断面変形量を取得する工程と、取得された断面変形量および可動型の幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とをコンピュータ

に実現させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、固定型および可動型を相次いで通過する長尺材に、固定型に対する可動型の相対変位を通じて曲げ変形を施すことができる押し通し曲げ加工機に関し、特に、こういった押し通し曲げ加工機の制御に用いられる制御データを生成する制御データ作成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般の工作機と同様に、押し通し曲げ加工機の動作は、例えばNC（数値制御）プログラムといった制御プログラムによって制御されることができる。こうした制御プログラムでは、例えば可動型の変位量といった制御データが規定されなければならない。これまでのところ、こうした制御データは熟練した作業者の勘や経験則に基づき作成されてきた。こうした制御データを用いて製品の試作が繰り返され、試作が実施されるたびに制御データは書き換えられた。こうした試作が数十回と繰り返される結果、最終的に、所望どおりに曲げ変形を実現することができる制御データは確立された。

【0003】

例えば特開平9-327727号公報や特開平10-166064号公報には、熟練した作業者の勘や経験則に頼らずに制御データを作成する試みが開示される。こうした試みによれば、最初の試作の段階で大まかに最終形状に似通った試作品が形成されることができる。したがって、最初から作業者の勘や経験則に頼る必要はなく、試作や制御データの書き換えに対する労力や手間は軽減されることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

前述の特開平9-327727号公報や特開平10-166064号公報に記載の制御データ作成方法では、可動型の変位量を算出するにあたって弾性復元力

(いわゆるスプリングバック)といった要因に起因する誤差が考慮される。このように誤差が補正された変位量で可動型が移動すれば、加工される長尺製品の形状精度は高められることができる。

【0005】

その一方で、可動型の変位量で手当てされるべき誤差は、曲げ加工の曲率の大きさ、長尺材すなわち型材の材質や断面形状といった要因に応じて変化する。こうした要因の影響に拘わらず可動型の誤差を定量的に把握することは難しい。例えば前述の公報に記載の制御データ作成方法では、誤差の影響は全て実測データに基づき特定される。したがって、曲げ変形の曲率を変化させながらその都度誤差は計測されなければならない。しかも、こうした計測は、いわゆる型材の材質や断面形状、大きさが変化するたびに実施されなければならない。実測データの収集だけでも多大な労力が必要とされてしまう。

【0006】

本発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、できる限り実測データの収集の手間を省きながらも、高い精度で押し通し曲げ加工を実現する制御データを生成可能な押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、第1発明によれば、長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、形状データで特定される長尺製品の曲率に基づき、長尺材に加えられる曲げモーメントを算出する工程と、算出された曲げモーメントに基づき、長尺材に引き起こされる弾塑性曲げ変形量を算出する工程と、算出された弾塑性曲げ変形量および幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とを備えることを特徴とする押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法が提供される。

【0008】

一般に、金属材を始めとする長尺材は弾性変形を経て塑性変形に至る。可動型から曲げ変形が加えられても、塑性変形に至る歪みが長尺材に生じなければ、長



尺材が可動型から解放されると同時に弾性復元力いわゆるスプリングバックに応じて加工後の長尺製品に形状誤差が生じてしまう。弾塑性曲げ変形量に応じて可動型の実加工位置が特定されれば、そういった弾性復元力いわゆるスプリングバックに起因する長尺製品の形状誤差は十分に解消されることができる。特に、そういった弾塑性曲げ変形量は曲げモーメントに基づき幾何学的に算出されることから、実測データの収集といった手間をできる限り省くことが可能となる。

## 【 0 0 0 9 】

弾塑性曲げ変形量は、例えば、曲げモーメント $M$ 、ヤング率 $E$ および断面二次モーメント $I$ を用いて表現されればよい。曲げモーメント $M$ は、例えば引っ張り試験で得られる応力歪み曲線や長尺製品の形状データに基づき算出されることができる。断面二次モーメント $I$ は例えば長尺製品の形状データに基づき算出されることができる。ヤング率 $E$ は例えば引っ張り試験に基づき取得されることができる。ただし、応力歪み曲線やヤング率 $E$ は材質ごとに予め既知であることが多い。したがって、曲げモーメント $M$ やヤング率 $E$ 、断面二次モーメント $I$ で弾塑性曲げ変形量が表現されれば、実測データの収集といった手間をできる限り省くことが可能となる。

## 【 0 0 1 0 】

曲げモーメントを算出するにあたっては、長尺材の断面に沿って歪み分布が特定されればよい。歪み分布は曲率に基づき幾何学的に算出されることができる。この歪み分布に基づけば応力分布は導き出されることができる。こうして応力分布が明らかとなれば、前述の曲げモーメントは算出されることができる。

## 【 0 0 1 1 】

また、第2発明によれば、長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、押し通し曲げ加工機の固定型の出口で長尺材の剪断変形および断面変形に基づき引き起こされる長尺材の出口回り折れ角量を取得する工程と、取得された出口回り折れ角量および可動型の幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とを備えることを特徴とする押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法が提供される。

## 【0012】

特に、中空の長尺材では、固定型および可動型の間で曲げ変形が引き起こされる際に、固定型の出口で長尺材に大きな剪断力が作用する。こうした剪断力は弾性折れ変形や塑性折れ変形といった剪断変形を引き起こす。加えて、固定型の出口では長尺材に断面変形すなわち窪みが生じてしまう。こうした窪みによれば、固定型の出口で長尺材に折れが生じる。こうした剪断変形や折れに起因して、固定型および可動型の間では形状データに基づく幾何的な位置関係どおりに十分な曲げ変形は引き起こされることはできない。したがって、加工後の長尺製品に形状誤差が生じてしまう。前述のように導き出された出口回り折れ角量に応じて可動型の幾何的位置が補正されれば、そういった出口回りの折れ角に起因する長尺製品の形状誤差は十分に解消されることができる。

## 【0013】

さらに、第3発明によれば、長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、少なくとも押し通し曲げ加工機の固定型および可動型のいずれか一方に対する長尺材のクリアランス量を取得する工程と、取得されたクリアランス量および可動型の幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とを備えることを特徴とする押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法が提供される。

## 【0014】

特に、中空の長尺材では、固定型および可動型の間で曲げ変形が引き起こされる際に、固定型の出口で断面変形が生じてしまう。こうした断面変形には、窪みのほか、曲率半径方向に沿った断面の潰れなどが含まれる。こうした断面変形が引き起こされている間に可動型が移動しても、長尺材に十分な塑性曲げ変形は生じることはない。したがって、固定型および可動型の間では形状データに基づく幾何的な位置関係どおりに十分な曲げ変形は引き起こされることはできず、加工後の長尺製品に形状誤差が生じてしまう。前述のように導き出された断面変形量に応じて可動型の幾何的位置が補正されれば、そういった断面変形に起因する長尺製品の形状誤差は十分に解消されることができる。

## 【0015】

さらにまた、第4発明によれば、長尺製品の形状を表現する形状データに基づき押し通し曲げ加工機の可動型の幾何的位置を算出する工程と、押し通し曲げ加工機の固定型の出口で長尺材の断面変形量を取得する工程と、取得された断面変形量および可動型の幾何的位置に基づき可動型の実加工位置を算出する工程とを備えることを特徴とする押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法が提供される。

## 【0016】

一般に、押し出し加工で成形される型材といった長尺材の寸法精度には所定範囲の公差すなわちばらつきが許容される。こういった公差に拘わらず固定型や可動型の貫通孔に対して長尺材を確実に通過させるには、長尺材の設計寸法と貫通孔の寸法との間にクリアランスすなわちガタを持たせる必要がある。たとえ全く公差が存在しなくても、固定型や可動型の貫通孔に対して長尺材をスムーズに通過させるには、長尺材と固定型および可動型との間にクリアランスすなわちガタを持たせる必要がある。こうしたクリアランスが解消されて固定型や可動型が完全に長尺材に接触するまで、可動型が移動しても長尺材には実質的に曲げ変形は生じることはない。したがって、固定型および可動型の間では形状データに基づく幾何的な位置関係どおりに十分な曲げ変形は引き起こされることはできず、加工後の長尺製品に形状誤差が生じてしまう。前述のように導き出されたクリアランス量に応じて可動型の幾何的位置が補正されれば、そういったクリアランスすなわちガタに起因する長尺製品の形状誤差は十分に解消されることができると。ただし、実加工位置を特定するにあたって使用されるクリアランス量は、固定型および可動型で生じる2つのクリアランス量の総和を特定することが望ましい。

## 【0017】

以上のような押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法では、可動型の幾何的位置を算出するにあたって、例えば、全体座標系に従って長尺製品の形状を表現する形状データを取得する工程と、形状データに基づき、押し通し曲げ加工機の固定型を基準に特定される局部座標系を長尺製品の断面ごとに設定する工程とを備えればよい。可動型の幾何的位置は局部座標系に基づき決定される。

## 【0018】

第1～第4発明に係る押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法は、コンピュータで実行されるソフトウェアプログラムとして構成されてもよい。こうしたソフトウェアプログラムは、例えばFD（フロッピーディスク）やCD（コンパクトディスク）、DVD（デジタルビデオディスク）といった可搬性の記録媒体を通じてコンピュータに取り込まれてもよく、LAN（構内通信網）やWAN（広域通信網）、インターネットといったネットワークを通じてコンピュータに取り込まれてもよい。

## 【0019】

なお、前述のように可動型の実加工位置を算出するにあたって、弾塑性曲げ変形量、出口回り折れ角量、クリアランス量および断面変形量は、必ずしも単独で利用される必要はなく、それらのいかなる組み合わせ方で利用されてもよい。

## 【0020】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。

## 【0021】

図1は押し通し曲げ加工機の全体構成を概略的に示す。この押し通し曲げ加工機10は、長尺材11の前進移動を案内する前後1対の型すなわち固定型12および可動型13と、固定型12および可動型13に向かって長尺材11を送り込む送り機構14とを備える。こうした押し通し曲げ加工機10では、後述されるように、長尺材11の進行方向に直交する平面内で可動型13が移動すると、長尺材11に曲げ変形（塑性変形）が引き起こされる。

## 【0022】

送り機構14は、例えば長尺材11の後端に接触する押し金すなわちスライダ15と、送りモータ16の回転力をスライダ15の推進力に変換するねじ軸17とを備える。送りモータ16の働きを通じてねじ軸17が順方向に回転すると、その回転に応じてスライダ15は前進し、ねじ軸17が逆方向に回転すると、スライダ15は後退することができる。スライダ15の前進は長尺材11の前進を引き起こす。スライダ15の前進量すなわち長尺材11の送り量はねじ軸17の

回転量すなわち送りモータ 1 6 の回転量に応じて決定されることができる。送りモータ 1 6 にはいわゆるサーボモータが用いられればよい。

【 0 0 2 3 】

こうした押し通し曲げ加工機 1 0 では、中実の長尺材や中空の長尺材 1 1 が加工されることができる。中空の長尺材 1 1 は、例えばアルミニウム製の押し出し材すなわち形材や鉄製のパイプ材に代表されることができる。一般に、長尺材 1 1 ではその全長にわたって共通の断面形状が規定される。ただし、断面形状は長尺材 1 1 の全長にわたって常に一定である必要は必ずしもない。

【 0 0 2 4 】

前述の送り機構 1 4 や固定型 1 2 はいわゆる振り子部材 1 9 に支持される。振り子部材 1 9 の円柱形外周面は、図 2 から明らかなように、半円筒面に沿って配置される軸受け 2 0 を通じて支持台 2 1 に支持される。こうした振り子部材 1 9 の働きによれば、長尺材 1 1 は、固定型 1 2 とともに固定型 1 2 の中心軸 2 2 回りで回転することができる。こうした回転は例えば長尺材 1 1 に捻れ変形を引き起こす際に役立つ。振り子部材 1 9 の回転は、例えばサーボモータで構成される駆動モータ 2 3 の働きを通じて実現されればよい。

【 0 0 2 5 】

図 2 に示されるように、固定型 1 2 には、長尺材 1 1 の外形を象った貫通孔 2 4 が形成される。この貫通孔 2 4 によって長尺材 1 1 の前進移動は案内される。長尺材 1 1 の断面形状は、図 2 に示される貫通孔 2 4 から明らかなように、円形や楕円形、三角形その他の多角形といった単純な形状であってもよいばかりでなく、その他の複雑な形状であっても差し支えない。貫通孔 2 4 の形状は長尺材 1 1 の断面形状に合わせ込まれればよい。

【 0 0 2 6 】

図 2 から明らかなように、中空の長尺材 1 1 が加工される場合には、固定型 1 2 に囲まれる長尺材 1 1 の中空空間には芯金すなわち中子 2 5 が差し込まれることが望ましい。周知のように、こうした押し通し曲げ加工機 1 0 では、固定型 1 2 側貫通孔 2 4 の出口付近で最も大きな曲げ応力が長尺材 1 1 に作用する。このとき、長尺材 1 1 が中空であると、貫通孔 2 4 の縁で長尺材 1 1 の断面形状が押

し潰されることがある。その結果、長尺材 1 1 に対する曲げ変形の変形量に大きな誤差が生じたり長尺材 1 1 の外周面に不要な窪みが形成されたりしてしまう。長尺材 1 1 の内側から中子 2 5 が接触すれば、こうした長尺材 1 1 の押し潰しはできる限り回避されることができる。

## 【 0 0 2 7 】

図 1 から明らかなように、中子 2 5 には、中子 2 5 を前後移動させる制御モータ 2 6 が連結される。この制御モータ 2 6 の働きによって中子 2 5 は長尺材 1 1 に対して出し入れされる。しかも、本実施形態では、固定型 1 2 の中心軸 2 2 回りで中子 2 5 を回転させる制御モータ 2 7 が中子 2 5 に連結される。この制御モータ 2 7 は、前述のように振り子部材 1 9 の回転に伴って固定型 1 2 が中心軸 2 2 回りに回転すると、この回転に応じて中子 2 5 を中心軸 2 2 回りに回転させることができる。制御モータ 2 6、2 7 には例えばサーボモータが用いられればよい。

## 【 0 0 2 8 】

図 1 および図 3 を参照し、可動型 1 3 には、固定型 1 2 と同様に、長尺材 1 1 の外形を象った貫通孔 2 8 が形成される。この貫通孔 2 8 によって長尺材 1 1 の前進移動は案内される。この貫通孔 2 8 の形状は例えば固定型 1 2 側貫通孔 2 4 の形状に一致することが望ましい。

## 【 0 0 2 9 】

可動型 1 3 は、固定型 1 2 の中心軸 2 2 の延長線に直交する移動平面内で移動することができる。可動型 1 3 の移動は、例えば上下動部材 2 9 の上下動と水平動部材 3 0 の水平動との組み合わせによって実現される。上下動部材 2 9 は、上下方向すなわち垂直方向に変位自在に水平動部材 3 0 に案内される。同時に、水平動部材 3 0 は、水平方向に変位自在に案内部材 3 1 に支持される。上下動部材 2 9 の変位は例えば上下動モータ 3 2 の働きによって実現されればよく、水平動部材 3 0 の変位は例えば水平動モータ 3 3 の働きによって実現されればよい。例えば、上下動モータ 3 2 や水平動モータ 3 3 は、微小な回転角で回転軸の回転量を制御することができるサーボモータその他の駆動源から構成されればよい。

## 【 0 0 3 0 】

しかも、この可動型 1 3 は、前述の移動平面でその位置を変えながらその姿勢を変化させることができる。こうした可動型 1 3 の姿勢変化は、垂直方向に延びる回転軸 3 4 が形成された回転部材 3 5 や、水平方向に延びる 1 対の揺動軸 3 6 が形成された揺動部材 3 7 の働きを通じて実現される。上下動部材 2 9 に形成された支持孔 3 8 に回転軸 3 4 が受け止められると、回転部材 3 5 は垂直軸回りで回転することができる。その一方で、回転部材 3 5 に形成される支持孔 3 9 に 2 つの揺動軸 3 6 が受け止められると、揺動部材 3 7 は水平軸回りで揺動することができる。回転部材 3 5 の回転や揺動部材 3 7 の揺動は、個々に、例えばサーボモータで構成される駆動モータ（図示せず）の働きによって実現されればよい。ここでは、揺動軸 3 6 の揺動中心は中心軸 2 2 の延長線上で回転軸 3 4 の回転中心に直交することが望ましい。

## 【 0 0 3 1 】

図 4 は、以上のような押し通し曲げ加工機 1 0 が組み込まれた押し通し曲げ加工システム 4 1 の全体構成を概略的に示す。この押し通し曲げ加工システム 4 1 では、押し通し曲げ加工機 1 0 の動作は NC コントローラ 4 2 によって制御される。この制御を実現するにあたって、NC コントローラ 4 2 は、例えば図 5 に示されるように押し通し曲げ加工機 1 0 に対して三次元機械座標系  $x y z$  を設定する。この機械座標系  $x y z$  は、例えば固定型 1 2 の中心軸 2 2 に重なり合う  $z$  座標軸と、貫通孔 2 4 の出口が臨む 1 平面上で固定型 1 2 の水平方向および垂直方向をそれぞれ規定する  $x$  座標軸および  $y$  座標軸とを備える。

## 【 0 0 3 2 】

可動型 1 3 の移動平面  $H V$  は、機械座標系  $x y z$  の  $x y$  平面に平行な姿勢に保持されることが望ましい。こうした移動平面  $H V$  の設定によれば、可動型 1 3 の位置は、機械座標系  $x y z$  に従って指定される  $x$  座標値や  $y$  座標値によって簡単に特定されることができる。このとき、可動型 1 3 の  $z$  座標値は、いわゆるアプローチ距離すなわち固定型 1 2 および可動型 1 3 間の距離に基づき特定されればよい。このアプローチ距離は可動型 1 3 の移動に拘わらず一定に保持される。

## 【 0 0 3 3 】

例えば可動型 1 3 の移動平面 H V と中心軸 2 2 の延長線（機械座標系 x y z の z 座標軸）との交点は可動型 1 3 の基準位置に設定されることができる。この基準位置に可動型 1 3 が位置決めされると、2 つの貫通孔 2 4、2 8 を相次いで通過する長尺材 1 1 には移動平面 H V に沿った可動型 1 3 の拘束力は加えられない。すなわち、真っ直ぐな長尺材 1 1 は直進し、このとき長尺材 1 1 にはいかなる曲げ変形も引き起こされない。こうして可動型 1 3 の基準位置が特定されると、可動型 1 3 の姿勢は、例えば機械座標系 x y z に従って指定される y 軸（V 軸）回り回転角 B や x 軸（H 軸）回り回転角 A によって特定されることができる。

## 【 0 0 3 4 】

再び図 4 を参照し、NC コントローラ 4 2 には、エンジニアリングワークステーション（EWS）やパーソナルコンピュータ（パソコン）といったコンピュータ装置 4 3 で算出された NC 加工プログラムが供給される。この NC 加工プログラムには、例えば長尺材 1 1 の送り位置ごとに関連付けられた可動型 1 3 の位置や姿勢といった制御データが規定される。前述の機械座標系 x y z に従って可動型 1 3 の x 座標値や y 座標値が指定されると、NC コントローラ 4 2 は、そういった x 座標値や y 座標値を確立する水平動モータ 3 3 や上下動モータ 3 2 の回転量を規定する駆動指令値を押し通し曲げ加工機 1 0 に向けて出力する。機械座標系 x y z に従って可動型 1 3 の y 軸回り回転角 B や x 軸回り回転角 A が指定されると、NC コントローラ 4 2 は、これら回転角を確立する回転部材 3 5 や揺動部材 3 7 の回転を引き起こす駆動モータの駆動指令値を押し通し曲げ加工機 1 0 に向けて出力する。

## 【 0 0 3 5 】

コンピュータ装置 4 3 には、本発明に係る押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法を実現する NC 加工プログラム作成ソフトウェアが組み込まれる。この NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、例えば、コンピュータ支援設計（CAD）システムを実現する CAD ソフトウェアの 1 モジュール（いわゆるアドオンソフトウェア）として機能することができる。こうして CAD ソフトウェアに組み入れられれば、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、制御データ作成方法を



実現するにあたって、CADソフトウェアに組み込まれた既存の機能を流用することが可能となる。ただし、NC加工プログラム作成ソフトウェアはCADソフトウェアに組み入れられる必要は必ずしもなく、必要とされる全ての機能をNC加工プログラム作成ソフトウェア単独で備えていてもよい。NC加工プログラム作成ソフトウェアは、例えばFD（フロッピーディスク）44やCD（コンパクトディスク）45、DVD（デジタルビデオディスク）、その他の可搬性記録媒体からコンピュータ装置43に取り込まれてもよく、無線や有線を問わずネットワークを通じてコンピュータ装置43に取り入れられてもよい。

## 【0036】

本発明に係る押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法を実現するにあたって、NC加工プログラム作成ソフトウェアは、例えばLAN（構内通信網）やWAN（広域通信網）、インターネットといったネットワーク46を通じて長尺製品の形状データを取得する。取得した形状データを用いて、NC加工プログラム作成ソフトウェアは前述のようなNC加工プログラムを作成する。

## 【0037】

形状データは、例えばサーバコンピュータ47に構築される製品データベースから取り込まれればよい。製品データベースには、例えばCAD端末48上で設計された製品のCADデータが格納されればよい。こうしたCADデータは、前述と同様に、例えばFD（フロッピーディスク）やCD（コンパクトディスク）、DVD（デジタルビデオディスク）、その他の可搬性記録媒体から製品データベースに取り込まれてもよく、無線や有線を問わずネットワーク49を通じて製品データベースに取り入れられてもよい。

## 【0038】

いま、例えば図6に示されるように、均一断面の型材に曲げ変形が施されて形成される長尺製品51が設計された場面を想定する。CADシステム上で設計された長尺製品51はCADデータとして製品データベースに格納される。こうしたCADデータには、単一の全体座標系XYZに従って長尺製品51の形状を表現する形状データが少なくとも含まれる。形状データには例えばワイヤフレームモデルやサーフェスモデル、ソリッドモデルといった表現方法が用いられればよ

い。形状データは、単一のデータ構造で長尺製品 5 1 の断面形状とその断面形状に関連付けられる長尺製品 5 1 の曲がり具合とを特定してもよく、そういった断面形状および曲がり具合を個別のデータ構造で特定してもよい。

【 0 0 3 9 】

操作者は、まず、コンピュータ装置 4 3 上で NC 加工プログラム作成ソフトウェアを立ち上げる。NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、操作者の入力操作に基づき製品データベースから長尺製品 5 1 の形状データを取り込む。入力操作には例えばキーボードやマウスが用いられればよい。取り込まれた形状データに基づき、コンピュータ装置 4 3 の画面上には長尺製品 5 1 の三次元像が再現されることができる。この再現にあたっては、例えば CAD ソフトウェアの画像処理機能が用いられてもよい。

【 0 0 4 0 】

こうして長尺製品 5 1 の三次元形状が確認されると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは長尺製品 5 1 の重心線を特定する。この重心線は、長尺製品 5 1 の全長にわたって各断面で特定される重心の位置を特定する。こうした重心線に基づけば、長尺製品 5 1 の長手方向に沿って長尺材 1 1 の送り位置は決定されることができる。重心線の設定方法の詳細は後述される。

【 0 0 4 1 】

送り位置が決定されると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、各送り位置ごとに可動型 1 3 の位置や姿勢を特定する。可動型 1 3 の位置は例えば機械座標系  $x y z$  の  $x$  座標値や  $y$  座標値に基づき規定されればよい。その一方で、可動型 1 3 の姿勢は例えば機械座標系  $x y z$  の  $y$  軸回り回転角  $B$  や  $x$  軸回り回転角  $A$  に基づき規定されればよい。これらの  $x$  座標値および  $y$  座標値や  $y$  軸回り回転角  $B$  および  $x$  軸回り回転角  $A$  によって制御データは作成されることができる。制御データに NC プログラムヘッダや NC プログラムフッタの記述が追加されると、例えば図 7 に示されるように NC 加工プログラムは完成する。

【 0 0 4 2 】

完成した NC 加工プログラムは最終的に NC コントローラ 4 2 に供給される。NC コントローラ 4 2 は、NC 加工プログラムに従って押し通し曲げ加工機 1 0

を作動させる。図 7 に示される NC 加工プログラムに従えば、長尺材 1 1 は一定の送り速度  $P = 6000 \text{ mm/分}$  で固定型 1 2 および可動型 1 3 を通り抜ける。例えば送り位置  $W = -1424.000 \text{ mm}$  が確立されると、可動型 1 3 は、前述の基準位置すなわち移動平面 H V の原点位置から x 座標値  $X = 0.000 \text{ mm}$  および y 座標値  $Y = 0.446 \text{ mm}$  で特定される座標位置に移動する。このとき、可動型 1 3 の姿勢は、y 軸回り回転角  $B = 0.000$  度および x 軸回り回転角  $A = 0.159$  度で特定される。続いて長尺材 1 1 が送り位置  $W = -1504.072 \text{ mm}$  に到達すると、可動型 1 3 は、x 座標値  $X = 0.000 \text{ mm}$  および y 座標値  $Y = 4.409 \text{ mm}$  で特定される座標位置に移動する。このとき、可動型 1 3 の姿勢は、y 軸回り回転角  $B = 0.000$  度および x 軸回り回転角  $A = 3.157$  度で規定される姿勢に変化する。こうして各送り位置 W を通過するたびに、可動型 1 3 は、x 座標値 X や y 座標値 Y で規定される位置に移動しながら、y 軸回り回転角 B や x 軸回り回転角 A で規定される姿勢に変化する。隣接する送り位置 W 同士の間では、x 座標値 X および y 座標値 Y や y 軸回り回転角 B や x 軸回り回転角 A は例えば等速で変化すればよい。ただし、ここでの送り位置 W は、スライダ 1 5 の原点位置を基準に z 座標軸に沿って規定される。スライダ 1 5 の原点位置とは、例えば押し通し曲げ加工にあたってスライダ 1 5 が前進し始める位置や加工前の待機位置をいう。

#### 【0043】

重心線を特定するにあたって、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、例えば図 8 および図 9 に示されるように、長尺製品 5 1 の断面形状 5 2 を表現する二次元データと、断面形状 5 2 の各頂点に対応する稜線を表現する三次元データとを利用する。ただし、各稜線に断面形状 5 2 の各頂点を対応させるにあたって、各頂点に形成される角取りは無視される。すなわち、稜線は、断面形状 5 2 の作図過程で利用される角取り以前の頂点によって描き出される。

#### 【0044】

詳述すると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、まず、二次元データで特定される断面形状 5 2 の各頂点と、三次元データで特定される稜線との対応関係を取得する。この取得には例えば GUI (グラフィックユーザインターフェー

ス) が用いられればよい。すなわち、操作者は、図 9 に示されるように、コンピュータ装置 4 3 の画面上に描き出された稜線の三次元像に基づき第 1 および第 2 ガイド線 5 3 a、5 3 b を指定するとともに、同様に図 8 に示されるように、画面上に描き出された断面形状 5 2 に基づき例えば第 1 および第 2 ガイド点 5 4 a、5 4 b を指定する。ここでは、指定の順番に従って、第 1 ガイド線 5 3 a と第 1 ガイド点 5 4 a とが相互に関連付けられ、第 2 ガイド線 5 3 b と第 2 ガイド点 5 4 b とが相互に関連付けられる。こうした指定には例えばマウス操作が用いられればよい。

#### 【0 0 4 5】

こうして二次元データと三次元データとが関連付けられると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、断面に沿って 2 つのガイド点 5 4 a、5 4 b と重心 5 5 との位置関係を取得する。この取得には例えば GUI が用いられればよい。すなわち、操作者は、図 8 に示されるように、コンピュータ装置 4 3 の画面上に描き出される長尺製品 5 1 の断面形状 5 2 に x y 座標系を重ね合わせればよい。こうして x y 座標系が設定されると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、x y 座標系に従って第 1 および第 2 ガイド点 5 4 a、5 4 b の x 座標値および y 座標値や重心 5 5 の x 座標値および y 座標値を算出する。ただし、図 8 に示されるように x y 座標系の座標原点が重心 5 5 に重ね合わせられれば、重心 5 5 の x 座標値や y 座標値は算出される必要はなくなる。ここでは、2 つのガイド点 5 4 a、5 4 b に対する重心 5 5 の相対的な位置関係が導き出されれば十分である。

#### 【0 0 4 6】

続いて NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、図 1 0 に示されるように、三次元データで規定される 2 つの稜線すなわち第 1 および第 2 ガイド線 5 3 a、5 3 b に対して複数の切断平面 5 7 a ~ 5 7 f を規定する。こうした切断平面 5 7 a ~ 5 7 f の設定にあたっては、第 1 および第 2 ガイド線 5 3 a、5 3 b は各々同数の部分線に等分割されればよい。各切断平面 5 7 a ~ 5 7 f は、部分線の分割点 5 8 a ~ 5 8 f で第 1 および第 2 ガイド線 5 3 a、5 3 b の接線に直交する。各切断平面 5 7 a ~ 5 7 f では、第 1 ガイド線 5 3 a と切断平面 5 7 a ~ 5 7 f とが交差する位置で第 1 ガイド点 5 4 a は特定されることができ、第 2 ガイド

線 5 3 b と切断平面 5 7 a ～ 5 7 f とが交差する位置で第 2 ガイド点 5 4 b は特定されることができる。

## 【 0 0 4 7 】

こうして各切断平面 5 7 a ～ 5 7 f 上で第 1 および第 2 ガイド点 5 4 a、5 4 b の位置が特定されると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、前述のように 2 つのガイド点 5 4 a、5 4 b と重心 5 5 との位置関係に基づき、切断平面 5 7 a ～ 5 7 f 上で重心 5 5 の位置を特定する。こうして算出された重心 5 5 が順番に連結されていくと、例えば図 1 1 に示されるように、重心線 5 9 は描き出されることができる。

## 【 0 0 4 8 】

重心 5 5 同士を順番に結ぶにあたって、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、例えばパラメトリック曲線で表現される第 1 ガイド線 5 3 a を参照すればよい。NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、まず、各切断平面 5 7 a ～ 5 7 f 上で第 1 ガイド線 5 3 a の方向ベクトルを特定する。こうした方向ベクトルは重心 5 5 の位置に平行移動させられる。その結果、隣接する 2 枚の切断平面 5 7 a ～ 5 7 f 同士の間では始点ベクトルおよび終点ベクトルが特定される。こうして特定された始点ベクトルおよび終点ベクトルの間に第 1 ガイド線 5 3 a と同次数のパラメトリック曲線は描き出される。パラメトリック曲線は始点ベクトルから終点ベクトルに向かって等変化率で曲率を変化させることができる。こうしたパラメトリック曲線が次々に描き出されていく結果、滑らかで精度の高い重心線 5 9 は得られる。その他、こうして得られる重心線 5 9 の精度を高めるには、重心 5 5 同士の間隔すなわち切断平面 5 7 a ～ 5 7 f 同士の間隔は狭められることが望ましい。重心線 5 9 は長尺製品 5 1 の曲がり具合を表現する。

## 【 0 0 4 9 】

こうした重心線 5 9 は例えばベジエ曲線や B スプライン曲線、NURBS（非一様有理 B スプライン）曲線といったパラメトリック曲線で表現されることができる。こうした表現方法では、例えば図 1 2 に示されるように、曲線 6 1 の曲がり具合は複数の制御点 6 2、6 3 によって規定されることができる。こういった制御点 6 2、6 3 には、表現される曲線 6 1 上で座標値を与えるノット 6 2 が必

ず含まれる。ノット62の配置は、隣接するノット62間を結ぶ直線64と、表現される曲線61との乖離すなわちトレランスTOLに基づき決定される。トレランスTOLが一定に保持される結果、曲率の大きな曲線61部分ではノット62の間隔は狭められ、反対に曲率の小さな曲線61部分ではノット62の間隔は広げられる。しかも、トレランスTOLが大きくなればノット62の間隔は広げられ、トレランスTOLが小さくなればノット62の間隔は狭められる。長尺材11の送り位置はノット62ごとに特定される。送り量は、隣接するノット62間で測定される曲線61の長さによって決定される。

## 【0050】

こうして重心線59に沿って長尺材11の送り位置が特定されると、NC加工プログラム作成ソフトウェアは、例えば図13に示されるように、長尺製品51の三次元形状を特定する全体座標系XYZに、固定型12を基準に特定される局部座標系すなわち機械座標系xyzを規定する。こうした機械座標系xyzは、前述のように重心線59上で特定されたノット62ごとに規定される断面65a～65fを基準に設定されればよい。

## 【0051】

各断面65a～65fを特定するにあたって、NC加工プログラム作成ソフトウェアは、例えば図14に示されるように、各ノット62ごとに重心線59に対して接線ベクトル66を算出する。各ノット62では、この接線ベクトル66に直交する切断平面67が特定されることが出来る。この切断平面67に描き出される長尺製品51の断面形状によって各断面65a～65fは特定されることが出来る。こうしてパラメトリック曲線で表現される重心線59に従って各断面65a～65fが特定されると、長尺製品51の曲率が大きくなればなるほど断面65a～65fの枚数は増加し、きめ細かく可動型13の移動を制御することが可能となる。しかも、トレランスTOLの大きさを意図的に変更すれば、長尺製品51に要求される寸法精度に応じて断面65a～65fの枚数は意図的に変更されることが可能となる。

## 【0052】

各切断平面67に長尺製品51の断面形状を描き出すにあたって、NC加工プ

プログラム作成ソフトウェアは、固定型 1 2 の貫通孔 2 4 と機械座標系  $x y z$  との位置関係を取得する。この取得には例えば GUI が用いられればよい。すなわち、操作者は、例えば図 1 5 に示されるように、コンピュータ装置 4 3 の画面上に描き出された長尺製品 5 1 の断面形状に対して機械座標系  $x y z$  を位置合わせすればよい。このとき、機械座標系  $x y z$  の  $x$  座標軸や  $y$  座標軸の向きは、固定型 1 2 に形成される貫通孔 2 4 の形状すなわち中心軸 2 2 回りの向きに応じて設定される。 $z$  座標軸の向きは固定型 1 2 の中心軸 2 2 に一致する。固定型 1 2 の中心軸 2 2 は、例えば長尺製品 5 1 の断面形状で特定される重心位置 G に一致することが望ましい。

## 【 0 0 5 3 】

各断面 6 5 a ~ 6 5 f ごとに機械座標系  $x y z$  が設定されると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、例えば図 1 6 に示されるように、重心線 5 9 に基づき可動型 1 3 の位置や姿勢を特定する。この特定にあたって、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、まず、機械座標系  $x y z$  上で固定型 1 2 および可動型 1 3 の間のアプローチ距離  $L$  を特定する。このアプローチ距離  $L$  は、固定型 1 2 側貫通孔 2 4 の出口と、基準位置に位置決めされた可動型 1 3 との間で固定型 1 2 の中心軸 2 2 方向に沿って測定される。こうしたアプローチ距離  $L$  は、例えば操作者の入力操作などを通じて予め NC 加工プログラム作成ソフトウェアに取り込まれればよい。

## 【 0 0 5 4 】

特定されたアプローチ距離  $L$  に基づき機械座標系  $x y z$  上には可動型 1 3 の移動平面  $H V$  が規定される。この移動平面  $H V$  を規定するにあたって、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、アプローチ距離  $L$  に基づき機械座標系  $x y z$  上の  $z$  座標値を規定すればよい。その結果、機械座標系  $x y z$  の  $x y$  平面は  $z$  座標軸に沿ってアプローチ距離  $L$  で平行移動させられる。こうして移動平面  $H V$  が規定されると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、移動平面  $H V$  と重心線 5 9 との交差点 6 8 で  $x$  座標値や  $y$  座標値を算出する。算出された  $x$  座標値や  $y$  座標値によって可動型 1 3 の幾何的位置は特定されることができる。こうして特定された可動型 1 3 の幾何的位置には、単純に、形状データで特定される長尺製品 5

1 の三次元形状が反映される。

【 0 0 5 5 】

このように機械座標系  $x y z$  に従って可動型 1 3 の  $x$  座標値や  $y$  座標値を取得するにあたっては、長尺製品 5 1 の三次元像が機械座標系  $x y z$  の  $y z$  平面や  $x z$  平面に投影されればよい。例えば図 1 7 に示されるように、長尺製品 5 1 の三次元像が機械座標系  $x y z$  の  $y z$  平面に投影されると、投影された三次元像と移動平面  $H V$  との交差に基づき可動型 1 3 の  $y$  座標値は特定されることができる。このとき、移動平面  $H V$  上で長尺製品 5 1 の接線方向 6 9 が特定されれば、可動型 1 3 の  $x$  軸回り回転角  $A$  が導き出されることができる。図 1 8 に示されるように、長尺製品 5 1 の三次元像が機械座標系  $x y z$  の  $x z$  平面に投影されると、同様に、投影された三次元像と移動平面  $H V$  との交差に基づき可動型 1 3 の  $x$  座標値は特定されることができる。同時に、移動平面  $H V$  上で長尺製品 5 1 の接線方向 7 0 が特定されれば、可動型 1 3 の  $y$  軸回り回転角  $B$  が導き出されることができる。

【 0 0 5 6 】

以上のように、可動型 1 3 の幾何的位置は、押し通し曲げ加工機 1 0 の固定型 1 2 を基準に特定される機械座標系  $x y z$  すなわち局部座標系に従って決定される。しかも、局部座標系は、長尺製品 5 1 の長手方向に規定される送り位置が変化するたびに規定し直される。したがって、固定型 1 2 と可動型 1 3 との間に形成される長尺製品 5 1 の曲げ変形が必ず盛り込まれた上で可動型 1 3 の  $x$  座標値や  $y$  座標値は特定される。

【 0 0 5 7 】

こうして可動型 1 3 の幾何的位置が特定されると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、様々な要因を考慮して幾何的位置に修正を加え、設計どおりに精度の高い長尺製品 5 1 を生み出す可動型 1 3 の実加工位置を導き出す。こうした実加工位置を導き出すにあたって、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、例えば図 1 9 に示されるように、長尺材 1 1 の弾性曲げ復元力すなわちスプリングバックを引き起こす弾塑性曲げ変形量を特定する。



## 【0058】

図 1 9 から明らかなように、こうした弾塑性曲げ変形量を特定するにあたって、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、まず、形状データで特定される加工後の長尺製品 5 1 の製品曲率  $1/R_b$  を取得する。ここで、 $R_b$  は曲率半径を示す。この製品曲率  $1/R_b$  は、前述のように機械座標系  $x y z$  上で特定された可動型 1 3 の幾何的位置に基づき算出されればよい。すなわち、図 1 9 で示される座標系は、機械座標系  $x y z$  の座標原点と可動型 1 3 の幾何的位置とを含む 1 平面に沿って規定される。ここでは、製品曲率  $1/R_b$  は、固定型 1 2 側貫通孔 2 4 の出口と可動型 1 3 との間で測定される平均曲率によって代表される。

## 【0059】

続いて、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、製品曲率  $1/R_b$  に基づき長尺材 1 1 に加えられる曲げモーメント  $M$  を算出する。曲げモーメント  $M$  には、固定型 1 2 側貫通孔 2 4 の出口と可動型 1 3 との間で特定される曲げモーメント分布が用いられればよい。ここでは、こうした曲げモーメント  $M$  に、固定型 1 2 側貫通孔 2 4 の出口から可動型 1 3 までの平均曲げモーメントが用いられる。こういった平均曲げモーメントには、例えば図 1 9 から明らかなように、固定型 1 2 側貫通孔 2 4 の出口で算出される最大曲げモーメント  $M_{max}$  の 2 分の 1 の値が用いられればよい。最大曲げモーメント  $M_{max}$  の算出方法の詳細は後述される。算出された最大曲げモーメント  $M_{max}$  に基づき、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは弾塑性曲げ変形量を算出する。弾塑性曲げ変形量は、例えば次式に従って算出されることができる。

## 【0060】

## 【数 1】

$$\frac{1}{R_c} = \frac{M}{EI} + \frac{1}{R_b} = \frac{M_{max}}{2EI} + \frac{1}{R_b}$$

この式【数 1】によれば、弾塑性曲げ変形量は、形状データで特定される加工後の長尺製品 5 1 の製品曲率  $1/R_b$  を実現する際に必要とされる加工中の実曲率  $1/R_c$  すなわち実曲率半径  $R_c$  によって表現される。ここで、係数  $E$  は長尺材 1 1 のヤング率（縦弾性係数）を示し、係数  $I$  は長尺材 1 1 の断面二次モーメン

トを示す。

【0061】

こういったヤング率  $E$  や断面二次モーメント  $I$  は操作者の入力操作に基づき予め NC 加工プログラム作成ソフトウェアに取り込まれていればよい。このとき、断面二次モーメント  $I$  は、前述のように長尺材 11 の断面形状に重ね合わせられた機械座標系  $x y z$  を基準に算出されてもよい。指定された機械座標系  $x y z$  に従って  $x$  軸回りの断面二次モーメント  $I_x$  や  $y$  軸回りの断面二次モーメント  $I_y$ 、断面相乗モーメント  $J_{xy}$  が算出されると、次式に従って、曲げ方向を規定する従法線ベクトル  $b$  回りで断面二次モーメント  $I_b$  は算出されることができる。

【0062】

【数 2】

$$I_b = I_x \cos^2 \theta_{b-x} + I_y \sin^2 \theta_{b-x} + J_{xy} \sin 2\theta_{b-x}$$

ただし、 $\theta_{b-x}$  は、機械座標系  $x y z$  の  $x$  座標軸と従法線ベクトル  $b$  との間に反時計回りに特定される角度を示す。ここで、断面二次モーメント  $I_x$ 、 $I_y$  および断面相乗モーメント  $J_{xy}$  は、

【数 3】

$$I_x = \int_A x^2 dA$$

$$I_y = \int_A y^2 dA$$

$$J_{xy} = \int_A xy dA$$

によって算出されることができる。ただし、係数  $A$  は長尺製品 51 すなわち長尺材 11 の断面積を示す。こうして算出される断面二次モーメント  $I_b$  によれば、長尺材 11 の各断面ごとに曲げ方向に応じて適切な断面二次モーメント  $I$  は特定されることができる。

【0063】

実曲率  $1/R_c$  が特定されると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、実曲率  $1/R_c$  で描き直される重心線 71 に基づき可動型 13 の実加工位置 72 を

特定する。この実加工位置 72 は、機械座標系  $x y z$  に従って  $x$  座標値や  $y$  座標値で表現されてもよく、重心線 59 に基づく幾何的位置 73 との差分値によって表現されてもよい。

【0064】

前述の最大曲げモーメント  $M_{max}$  を算出するにあたって、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、例えば固定型 12 側貫通孔 24 の出口で長尺製品 51 すなわち加工中の長尺材 11 の断面に沿って公称歪み分布  $e(h)$  を特定する。ここで、公称歪み分布  $e(h)$  は、図 20 から明らかなように、長尺製品 51 すなわち長尺材 11 の断面上で曲率半径方向に沿って直線的に変化することから、断面上で特定される重心 55 および中立軸 74 の位置に基づき次式に従って幾何学的に導き出されることができる。

【0065】

【数 4】

$$\varepsilon(h) = \frac{h}{Rb + \eta}$$

ここで、係数  $\eta$  は、曲率半径方向に測定される重心 55 から中立軸 74 までの距離すなわち偏倚を示し、変数  $h$  は、曲率半径方向に測定される中立軸 74 からの距離を示す。中立軸 74 では、周知のとおり、曲げ変形に拘わらず長尺材 11 の長手方向長さは維持されることができる。中立軸 74 の特定方法の詳細は後述される。

【0066】

こうして公称歪み分布  $e(h)$  が算出されると、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、

【数 5】

$$\sigma(h) = C3 \cdot e(h)^3 + C2 \cdot e(h)^2 + C1 \cdot e(h) + C0$$

に従って公称応力分布  $\sigma(h)$  を算出する。ここで、係数  $C3$ 、 $C2$ 、 $C1$ 、 $C0$  は、例えば図 21 に示されるように、引っ張り試験で描き出される応力歪み曲線（S-S 曲線）76 に基づき決定される。すなわち、式【数 5】の多項式によれば、応力歪み曲線 76 に対する近似曲線 77 は導き出される。式【数 5】に示

される多項式は、例えば、引っ張り試験で得られた応力歪み曲線 7 6 の最大強度点 7 8 や降伏点 7 9、両者の中間点 8 0 といった 3 点によって比較的簡単に特定されることができる。ただし、NC 加工プログラム作成ソフトウェアに応力歪み曲線 7 6 を認識させるにあたっては、周知のとおり次式が用いられてもよい。

【0 0 6 7】

【数 6】

$$\sigma = K(\varepsilon_0 + \varepsilon)^n$$

ただし、式【数 6】中、K および n は係数を示す。その他、こういった公称応力分布  $\sigma(h)$  はいわゆる FEM 解析によって算出されてもよい。算出された公称応力分布  $\sigma(h)$  によれば、任意の断面の最大曲げモーメント  $M_{max}$  は、

【数 7】

$$M_{max} = \int_{h1}^{h2} \sigma(h) h dA$$

によって表現されることができる。

【0 0 6 8】

一般に、アルミニウム材を始めとする長尺材 1 1 は弾性変形を経て塑性変形に至る。可動型 1 3 から曲げ変形が加えられても、塑性変形に至る歪みが長尺材 1 1 に生じなければ、長尺材 1 1 が可動型 1 3 から解放されると同時に弾性復元力いわゆるスプリングバックに応じて加工後の長尺製品 5 1 に形状誤差が生じてしまう。前述のように導き出された弾塑性曲げ変形量に応じて可動型 1 3 の実加工位置が特定されれば、そういった弾性復元力いわゆるスプリングバックに起因する長尺製品 5 1 の形状誤差は十分に解消されることができる。特に、そういった弾塑性曲げ変形量は曲げモーメント M に基づき幾何学的に算出されることから、実測データの収集といった手間をできる限り省くことが可能となる。

【0 0 6 9】

ここで、前述の中立軸 7 4 の特定方法を詳述する。中立軸 7 4 の特定にあたって、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、次式に式【数 4】および式【数 5

] を代入して数値積分および収束計算を実施する。

【0070】

【数8】

$$\int_{h1}^{h2} \sigma(h) \left(1 - \frac{h}{L} \tan \phi\right) dA = 0$$

その結果、前述の係数  $\eta$ 、すなわち、曲率半径方向に測定される重心 5 5 から中立軸 7 4 までの距離は算出される。

【0071】

いま、例えば図 2 2 に示されるように、可動型 1 3 で長尺材 1 1 に対して曲率半径方向に荷重  $F$  が作用する場面を想定する。固定型 1 2 側貫通孔 2 4 の出口では長尺材 1 1 内で軸方向に圧縮力  $P_c$  が特定されると、

【数9】

$$P_c = Fz = F \tan \phi = \frac{M}{L} \tan \phi$$

は得られる。圧縮力  $P_c$  は長尺材 1 1 の公称応力分布  $\sigma(h)$  の総和に等しいことから、

【数10】

$$P_c = \int_{h1}^{h2} \sigma(h) dA$$

は得られる。一方、曲げモーメント  $M$  は前述のように式【数7】で特定されることができることから、式【数7】および式【数10】が式【数9】に代入されると、

【数11】

$$\int_{h1}^{h2} \sigma(h) dA = \frac{\int_{h1}^{h2} \sigma(h) h dA}{L} \tan \phi$$

は得られる。この式【数11】が整理されると、

【数12】

$$\int_{h1}^{h2} \sigma(h) \left(1 - \frac{h}{L} \tan \phi\right) dA = 0$$

は導き出される。このように式〔数 12〕に従えば、中立軸 74 の位置は特定されることができる。

【0072】

以上のような弾塑性曲げ変形量に加えて、NC加工プログラム作成ソフトウェアは、例えば図 23 に示されるように、固定型 12 側貫通孔 24 の出口で長尺材 11 の出口回り折れ角量  $\theta$  を特定してもよい。こういった出口回り折れ角量  $\theta$  は、貫通孔 24 の出口で生じる弾性折れ変形や塑性折れ変形といった剪断変形や断面変形すなわち窪み 82 によって引き起こされる。出口回り折れ角量  $\theta$  が特定されると、NC加工プログラム作成ソフトウェアは、機械座標系  $x y z$  に従って貫通孔 24 の出口回りで重心線 59 を回転させる。重心線 59 は、機械座標系  $x y z$  の座標原点と可動型 13 の幾何的位置とを含む 1 平面に沿って出口回り折れ角量  $\theta$  で回転すればよい。NC加工プログラム作成ソフトウェアは、回転した重心線 59 と移動平面 HV との交点に基づき可動型 13 の実加工位置 83 を特定する。この実加工位置 83 は、機械座標系  $x y z$  に従って  $x$  座標値や  $y$  座標値で表現されてもよく、重心線 59 に基づく幾何的位置との差分値によって表現されてもよい。

【0073】

特に、中空の長尺材 11 では、固定型 12 および可動型 13 の間で曲げ変形が引き起こされる際に、固定型 12 側貫通孔 24 の出口で長尺材 11 に大きな剪断力が作用する。こういった剪断力は固定型 12 側貫通孔 24 の出口で弾性折れ変形や塑性折れ変形といった剪断変形を引き起こす。しかも、固定型 12 側貫通孔 24 の出口では長尺材 11 に断面変形すなわち窪み 82 が生じてしまう。こうした窪み 82 によれば、固定型 12 側貫通孔 24 の出口で折れ変形は引き起こされる。これら剪断変形や断面変形に起因する折れ変形が引き起こされる結果、固定型 12 および可動型 13 の間では形状データに基づく幾何的な位置関係どおりに十分な曲げ変形は引き起こされることはできない。長尺材 11 が可動型 13 から解放されると同時に折れ変形に応じて加工後の長尺製品 51 に形状誤差が生じてしまう。前述のように導き出された出口回り折れ角量  $\theta$  に応じて可動型 13 の実加工位置 83 が特定されれば、そういった出口回りの折れ角に起因する長尺製品

5 1 の形状誤差は十分に解消されることができる。

【0 0 7 4】

ここで、出口回り折れ角量  $\theta$  は、例えば図 2 4 に示されるように、実測データに基づき特定されればよい。この実測データによれば、

【数 1 3】

$$\theta = K1 \frac{M}{EI}$$

に従って出口回り折れ角量  $\theta$  [°] は算出されることができる。ここで、係数  $K1$  は、実測データに基づき算出される比例係数を示す。

【0 0 7 5】

こうした実測データを取得するにあたっては、様々な断面形状や材質、大きさで特定される長尺材 1 1 が実際に押し通し曲げ加工機 1 0 で加工されればよい。このとき、固定型 1 2 および可動型 1 3 の間で長尺材 1 1 の形状は実測される。こうした実測によって曲げ変形の曲率は明らかとされる。例えば図 2 3 から明らかなように、曲げ変形の曲率半径  $Rd$  を導き出すにあたって、少なくとも 3 点の計測点 8 5 が選択されればよい。

【0 0 7 6】

こうして固定型 1 2 および可動型 1 3 の間で長尺材 1 1 の曲げ変形を表現する曲線 8 6 が特定されると、固定型 1 2 側貫通孔 2 4 の出口で曲線 8 6 に対する接線 8 7 が描き出される。この接線 8 7 と機械座標系  $x y z$  の  $z$  座標軸との角度によって出口回り折れ角量  $\theta$  は特定されることができる。こうして実測された出口回り折れ角量  $\theta$  が係数  $M/EI$  に対してプロットされると、図 2 4 に示される実測データは得られることができる。ここでは、3 種類のアルミニウム材 (JIS 6 0 6 3 - O、JIS 6 0 6 3 - T 1 および JIS 6 0 6 3 - T 5) に対して出口回り折れ角量  $\theta$  が実測された。実測にあたって、固定型 1 2 および可動型 1 3 の間で 3 通りのアプローチ距離  $L = 60 \text{ mm}$ 、 $90 \text{ mm}$ 、 $133 \text{ mm}$  が設定された。この実測データによれば、長尺材 1 1 の断面形状や材料特性の違いに拘わらず、出口回り折れ角量  $\theta$  を算出するにあたって同一の係数  $K1$  が用いられることができることが明らかとされる。

## 【0077】

同様に、NC加工プログラム作成ソフトウェアは、例えば図25に示されるように、固定型13側貫通孔24の出口で長尺材11の断面変形すなわち窪み82に起因する断面変形量d1を同時に特定してもよい。特定された断面変形量d1は、曲率半径方向すなわち曲げ方向に沿って前述の幾何的位置に加えられるとよい。こうして幾何的位置に断面変形量d1が加えられると、可動型13の実加工位置は特定されることができる。この実加工位置は、前述と同様に、機械座標系xyzに従ってx座標値やy座標値で表現されてもよく、重心線59に基づく幾何的位置との差分値によって表現されてもよい。

## 【0078】

特に、中空の長尺材11では、固定型12および可動型13の間で曲げ変形が引き起こされる際に、固定型12側貫通孔24の出口で断面変形が生じてしまう。こうした断面変形には、前述の窪み82のほか、曲率半径方向に沿った断面の潰れなどが含まれる。こうした断面変形が引き起こされている間に可動型13が移動しても、長尺材11には十分な塑性曲げ変形は生じることはない。したがって、固定型12および可動型13の間では形状データに基づく幾何的な位置関係どおりに十分な曲げ変形は引き起こされることはできず、加工後の長尺製品51に形状誤差が生じてしまう。前述のように導き出された断面変形量d1に応じて可動型13の実加工位置が特定されれば、そういった断面変形に起因する長尺製品51の形状誤差は十分に解消されることができる。

## 【0079】

ここで、断面変形量d1は、例えば図26に示されるように、実測データに基づき特定されればよい。この実測データによれば、

## 【数14】

$$d1 = K2 \cdot F = K2 \frac{M}{L}$$

に従って断面変形量d1 [mm] は算出されることができる。ここで、係数K2は、実測データに基づき算出される比例係数を示す。



## 【 0 0 8 0 】

こうした実測データを取得するにあたっては、様々な断面形状や材質、大きさで特定される長尺材 1 1 が実際に押し通し曲げ加工機 1 0 で加工されればよい。このとき、固定型 1 2 側貫通孔 2 4 の出口で長尺材 1 1 の断面形状は実測される。こうして実測された断面変形量  $d_1$  が荷重  $F$  に対してプロットされると、図 2 6 に示される実測データは得られることができる。ここでは、2 種類のアルミニウム材 ( J I S 6 0 6 3 - T 1 および J I S 6 0 6 3 - T 5 ) に対して断面変形量  $d_1$  は実測された。実測にあたって、固定型 1 2 および可動型 1 3 の間で 3 通りのアプローチ距離  $L = 60\text{ mm}$ 、 $90\text{ mm}$ 、 $133\text{ mm}$  が設定された。この実測データによれば、長尺材 1 1 の断面形状や材料特性の違いに拘わらず、断面変形量  $d_1$  を算出するにあたって同一の係数  $K_2$  が用いられることができることが明らかとされる。

## 【 0 0 8 1 】

さらに、NC 加工プログラム作成ソフトウェアは、例えば図 2 7 に示されるように、固定型 1 2 および可動型 1 3 に対する長尺材 1 1 のクリアランス量  $d_2$  すなわちガタに起因するクリアランス量を特定してもよい。特定されたクリアランス量  $d_2$  は、曲率半径方向すなわち曲げ方向に沿って前述の幾何的位置に加えられるべき。こうして幾何的位置にクリアランス量  $d_2$  が加えられると、可動型 1 3 の実加工位置は特定されることができる。この実加工位置は、前述と同様に、機械座標系  $x y z$  に従って  $x$  座標値や  $y$  座標値で表現されてもよく、重心線 5 9 に基づく幾何的位置との差分値によって表現されてもよい。

## 【 0 0 8 2 】

クリアランス量  $d_2$  [mm] は実測値に基づき特定されればよい。実測値を取得するにあたっては、様々な断面形状や材質、大きさで特定される長尺材 1 1 が実際に押し通し曲げ加工機 1 0 で加工されればよい。このとき、可動型 1 3 が移動し始めてから、長尺材 1 1 が固定型 1 2 側貫通孔 2 4 に接触するまでに可動型 1 3 の移動距離は測定される。こうして測定された移動距離によってクリアランス量  $d_2$  は特定されることができる。例えばクリアランス量  $d_2$  は長尺材 1 1 の寸法公差の大きさに応じて分類されることが望ましい。すなわち、クリアランス

量 d 2 の実測に先立って長尺材 1 1 の外形寸法は実測される。実測された外形寸法ごとに長尺材 1 1 のクリアランス量 d 2 は実測される。

【0083】

一般に、長尺材 1 1 の寸法精度には所定範囲の公差すなわちばらつきが許容される。こういった公差に拘わらず固定型 1 2 や可動型 1 3 の貫通孔 2 4、2 8 に対して長尺材 1 1 を確実に通過させるには、長尺材 1 1 の設計寸法と貫通孔 2 4、2 8 の寸法との間にクリアランスすなわちガタを持たせる必要がある。たとえ公差が存在しなくても、固定型 1 2 や可動型 1 3 の貫通孔 2 4、2 8 に対して長尺材 1 1 をスムーズに通過させるには、長尺材 1 1 の外形と貫通孔 2 4、2 8 の内面との間にクリアランスすなわちガタを持たせる必要がある。こうしたクリアランスが解消されて固定型 1 2 や可動型 1 3 が完全に長尺材 1 1 に接触するまで、可動型 1 3 が移動しても長尺材 1 1 には実質的に曲げ変形は生じることはない。したがって、固定型 1 2 および可動型 1 3 の間では形状データに基づく幾何的な位置関係どおりに十分な曲げ変形は引き起こされることはできず、加工後の長尺製品 5 1 に形状誤差が生じてしまう。前述のように導き出されたクリアランス量 d 2 に応じて可動型 1 3 の実加工位置が特定されれば、そういったクリアランスすなわちガタに起因する長尺製品 5 1 の形状誤差は十分に解消されることができ。ただし、実加工位置を特定するにあたって使用されるクリアランス量 d 2 は、固定型 1 2 および可動型 1 3 で生じる 2 つのクリアランス量の総和を表現する必要がある。

【0084】

なお、押し通し曲げ加工機 1 0 では、前述の曲げ変形に加えて、同時に捻り変形が実現されてもよい。こうした捻り変形は振り子部材 1 9 の回転によって実現されればよい。このとき、NCコントローラ 4 2 に供給されるNC加工プログラムには、前述のように長尺材 1 1 の送り位置ごとに関連付けられた振り子部材 1 9 の回転位置といった制御データが含まれればよい。NCコントローラ 4 2 は、そういった回転位置を確立する駆動モータ 2 3 の回転量を規定する駆動指令値を押し通し曲げ加工機 1 0 に向けて出力する。

【 0 0 8 5 】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、できる限り実測データの収集の手間を省きながらも、高い精度で押し通し曲げ加工を実現する制御データは生成されることができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 押し通し曲げ加工機の全体構成を概略的に示す側面図である。
- 【図 2】 固定型の拡大正面図である。
- 【図 3】 可動型の拡大正面図である。
- 【図 4】 押し通し曲げ加工システムの全体構成を概略的に示す模式図である。
- 【図 5】 機械座標系の概念を示す固定型の斜視図である。
- 【図 6】 長尺製品の構成を概略的に示す斜視図である。
- 【図 7】 NC加工プログラムの一具体例を示す図である。
- 【図 8】 二次元データで表現される長尺製品の断面形状を示す平面図である。
- 【図 9】 三次元データで表現される長尺製品の稜線を示す概念図である。
- 【図 1 0】 2本のガイド線に基づき特定される重心線を示す概念図である。
- 【図 1 1】 長尺製品の曲がり具合を表現する重心線を示す概念図である。
- 【図 1 2】 重心線上で特定される制御点を示す概念図である。
- 【図 1 3】 長尺製品の各断面ごとに関連付けられる機械座標系を示す透視図である。
- 【図 1 4】 重心線に基づき特定される長尺製品の断面を示す概念図である。
- 【図 1 5】 断面に対する機械座標系の向きを設定するにあたって用いられるGUI（グラフィカルユーザインターフェース）を概略的に示す図である。

【図 16】 重心線に基づき特定される可動型の位置を示す概念図である。

【図 17】  $yz$  平面に投影された長尺製品から  $y$  座標値を算出する工程を示す概念図である。

【図 18】  $xz$  平面に投影された長尺製品から  $x$  座標値を算出する工程を示す概念図である。

【図 19】 弾塑性曲げ変形量を算出する工程を示す概念図である。

【図 20】 曲げモーメントを算出する工程を示す概念図である。

【図 21】 応力歪み曲線の近似曲線を算出する工程を示す概念図である。

【図 22】 中立軸の位置を算出する工程を示す概念図である。

【図 23】 剪断変形および断面変形に起因する出口回り折れ角量の概念図である。

【図 24】 出口回り折れ角量の実測データを示すグラフである。

【図 25】 断面変形量の概念図である。

【図 26】 断面変形量の実測データを示すグラフである。

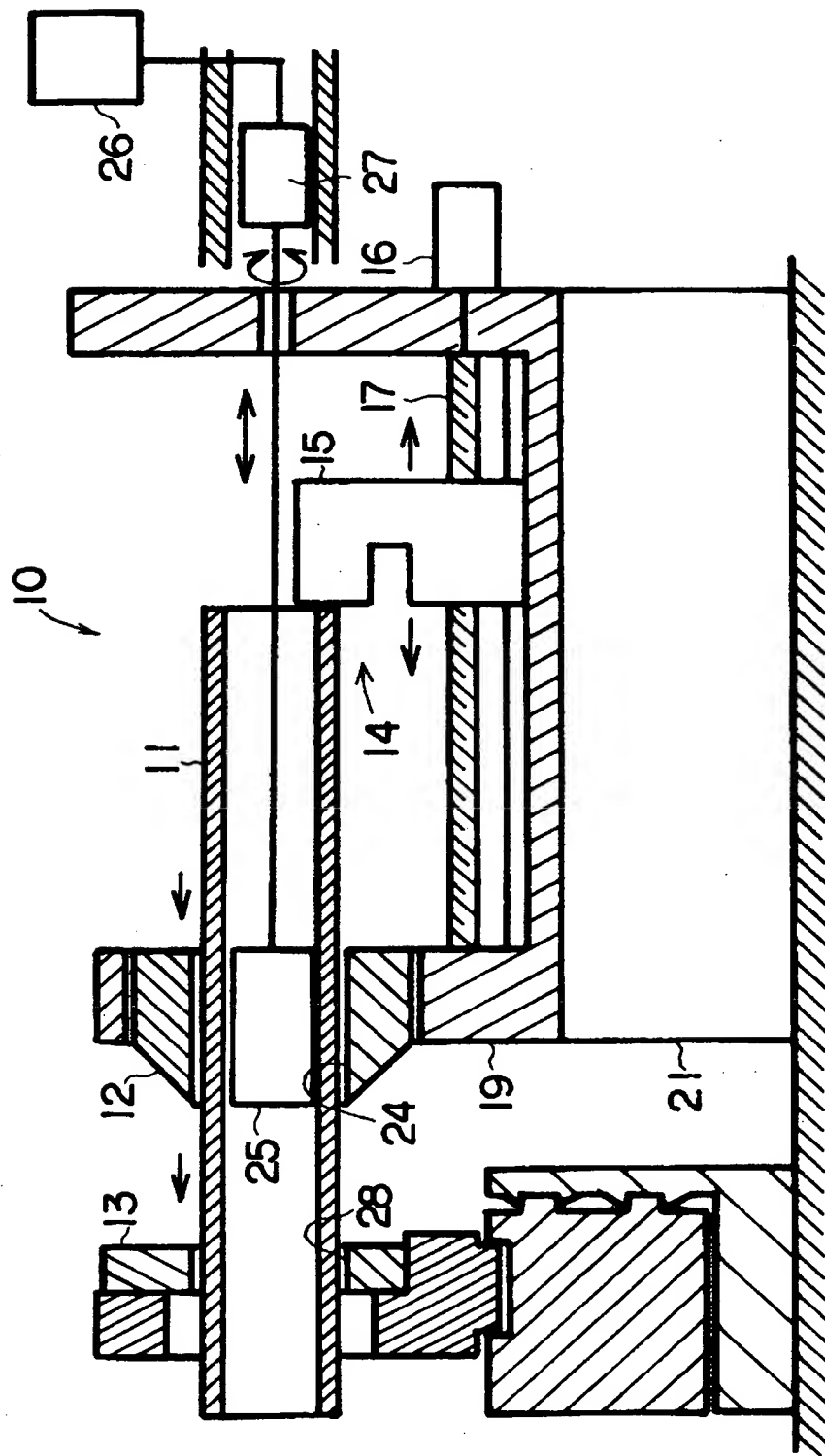
【図 27】 クリアランスすなわちガタの概念図である。

#### 【符号の説明】

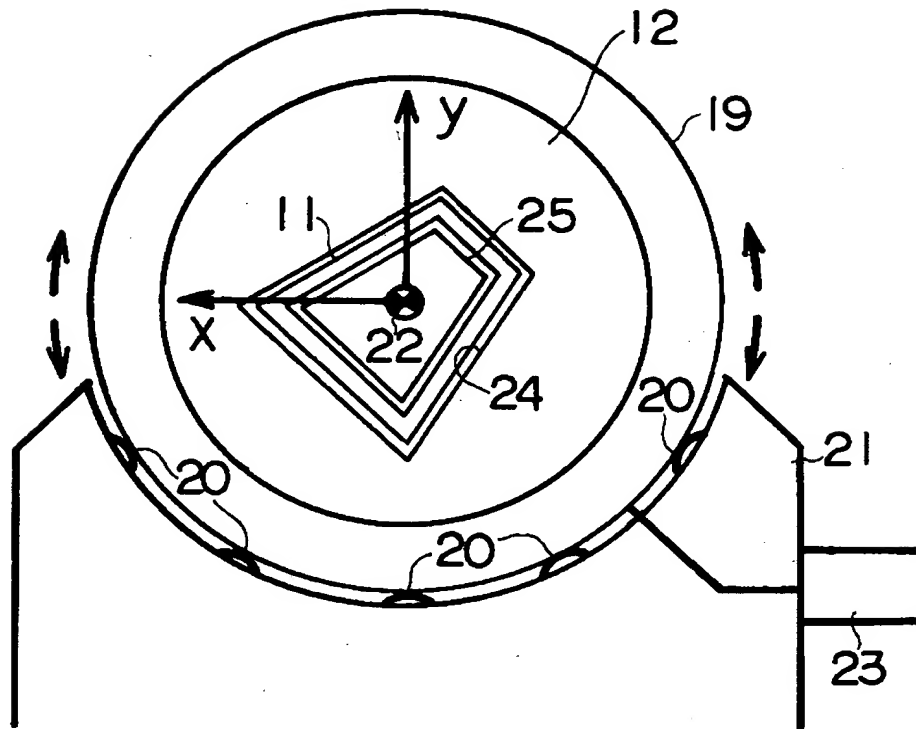
10 押し通し曲げ加工機、11 長尺材（形材）、12 固定型、13 可動型、43 コンピュータ装置、44 記録媒体としてのフロッピーディスク（FD）、44 記録媒体としてのコンパクトディスク（CD）、51 長尺製品、52 長尺材の断面、68 幾何的位置を特定する交差点、72 実加工位置、73 幾何的位置、d1 断面変形量、d2 クリアランス量、 $R_c$  弾塑性曲げ変形量を表現する実曲率半径、 $e(h)$  歪み分布、 $\theta$  出口回り折れ角量。

【書類名】 図面

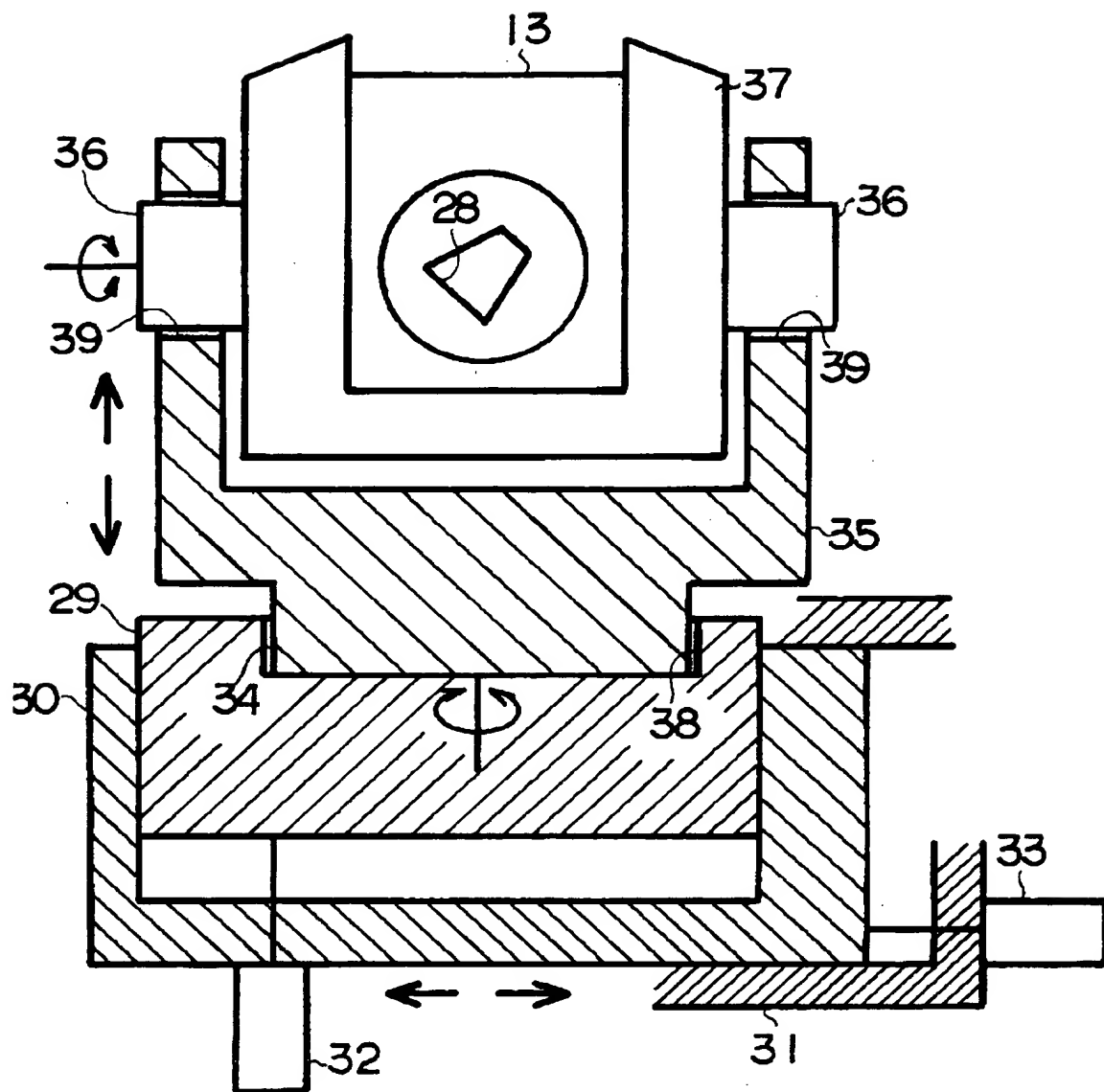
【図 1】



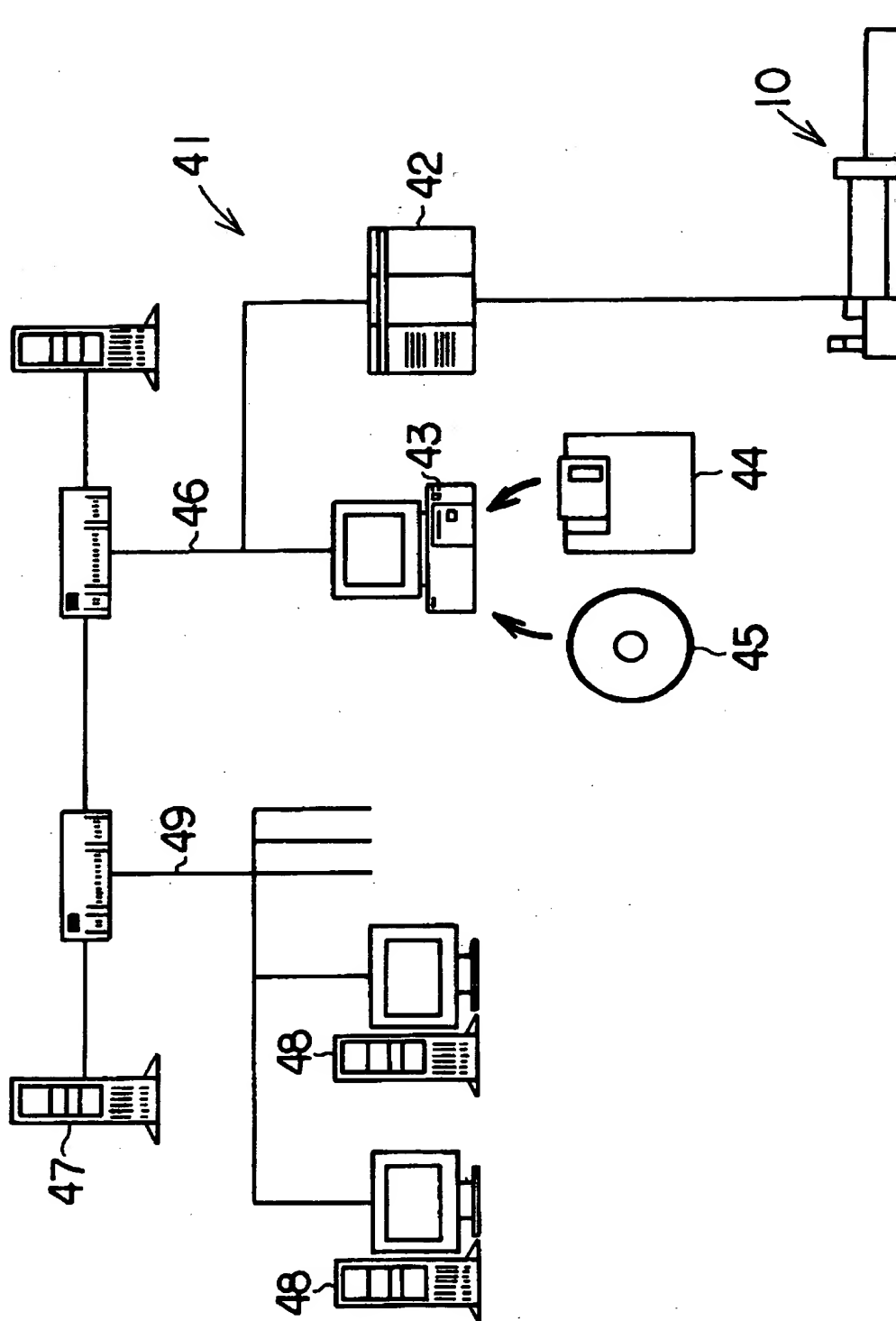
【図 2】



【図 3】

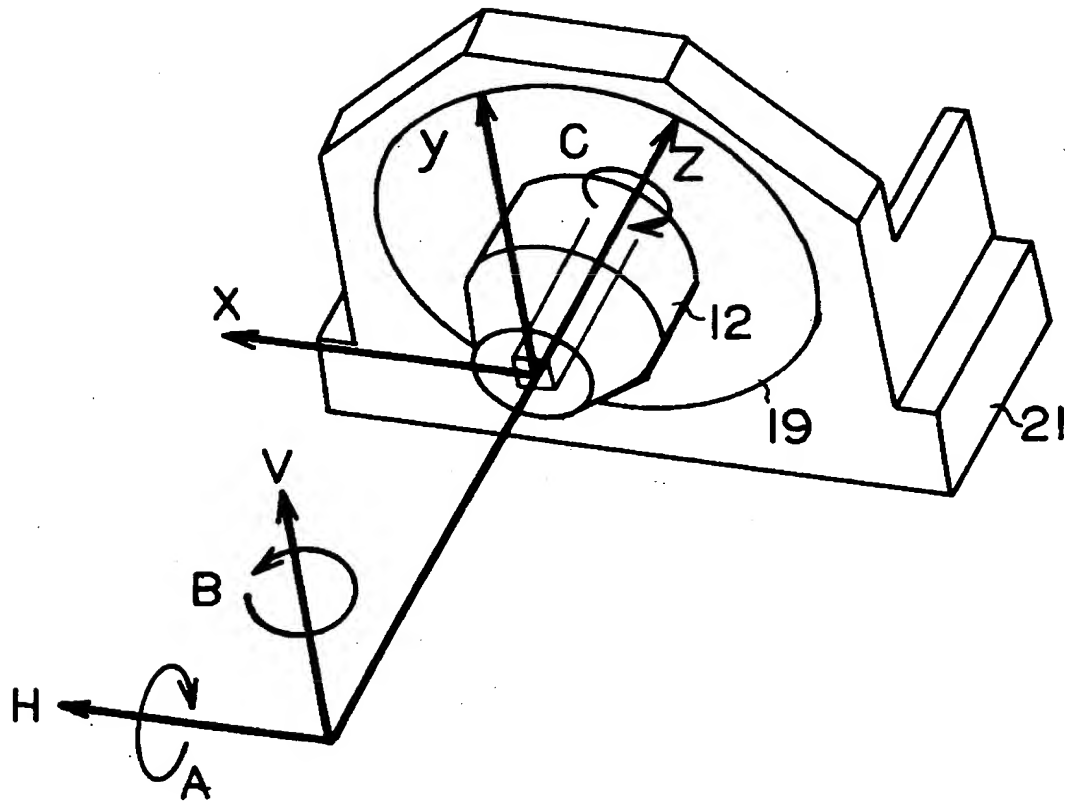


【図 4】

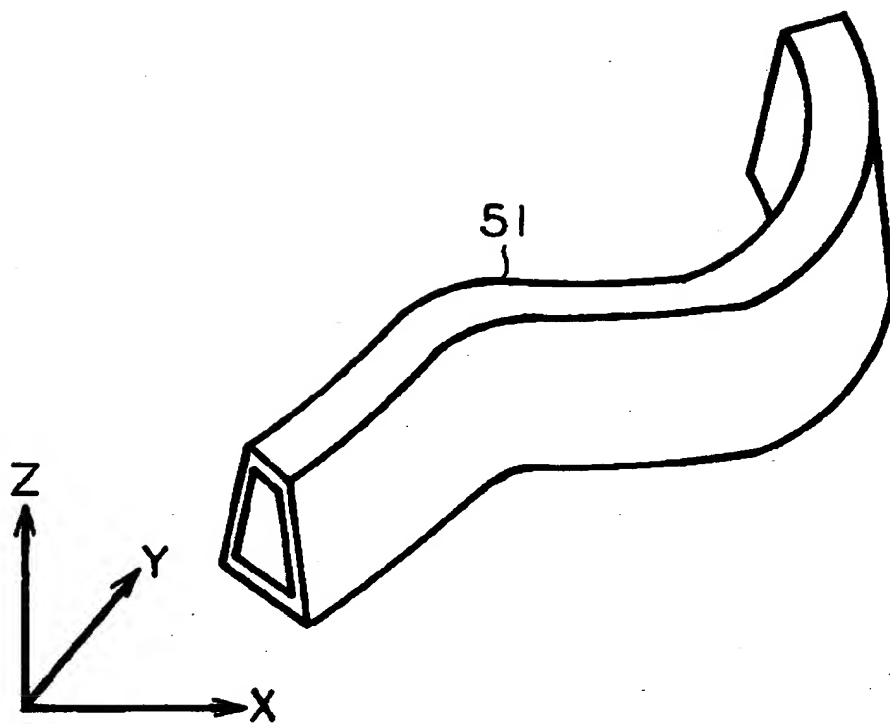




【图 5】



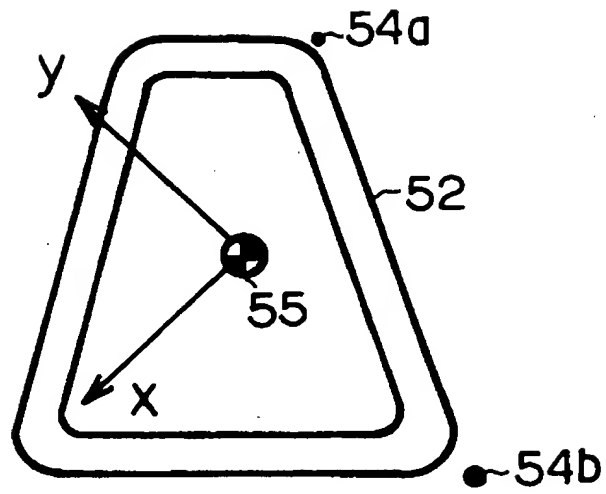
【図 6】



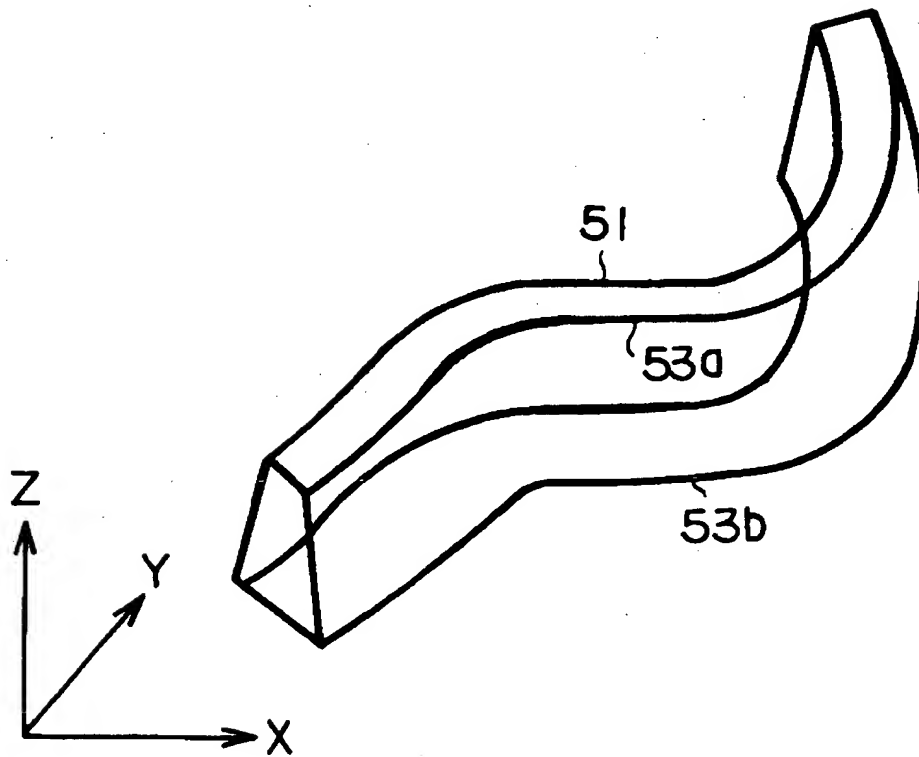
【图 7】

File Edit View Select Option

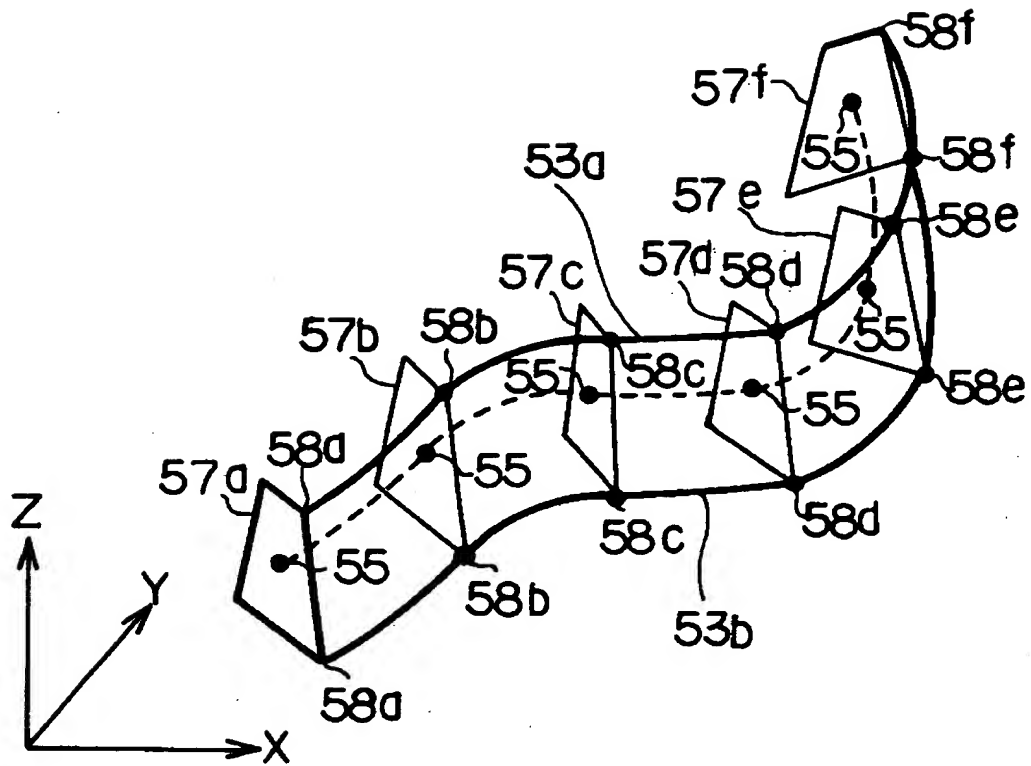
【図 8】



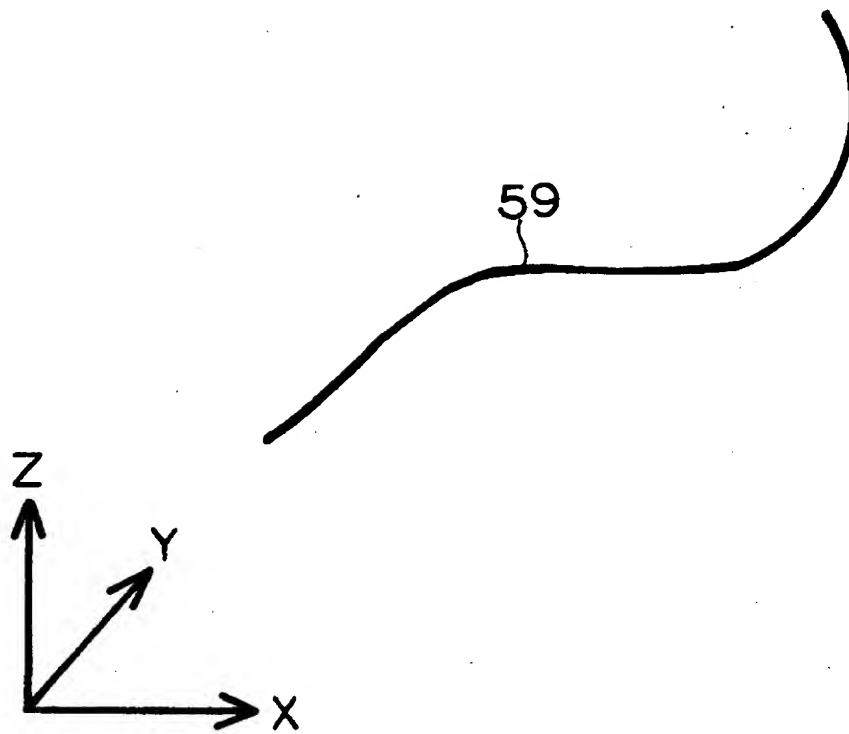
【図 9】



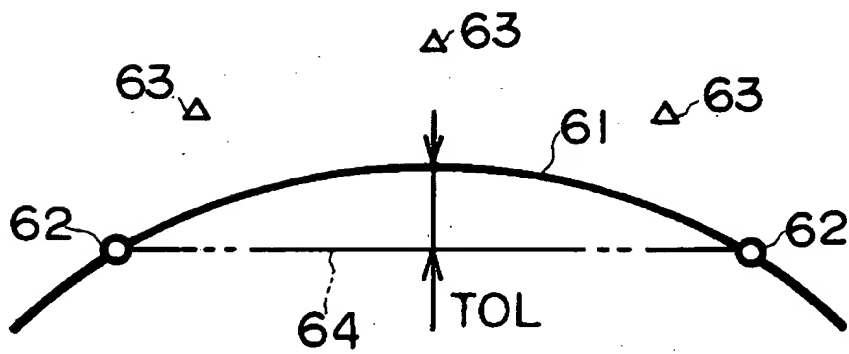
【図 1 0】



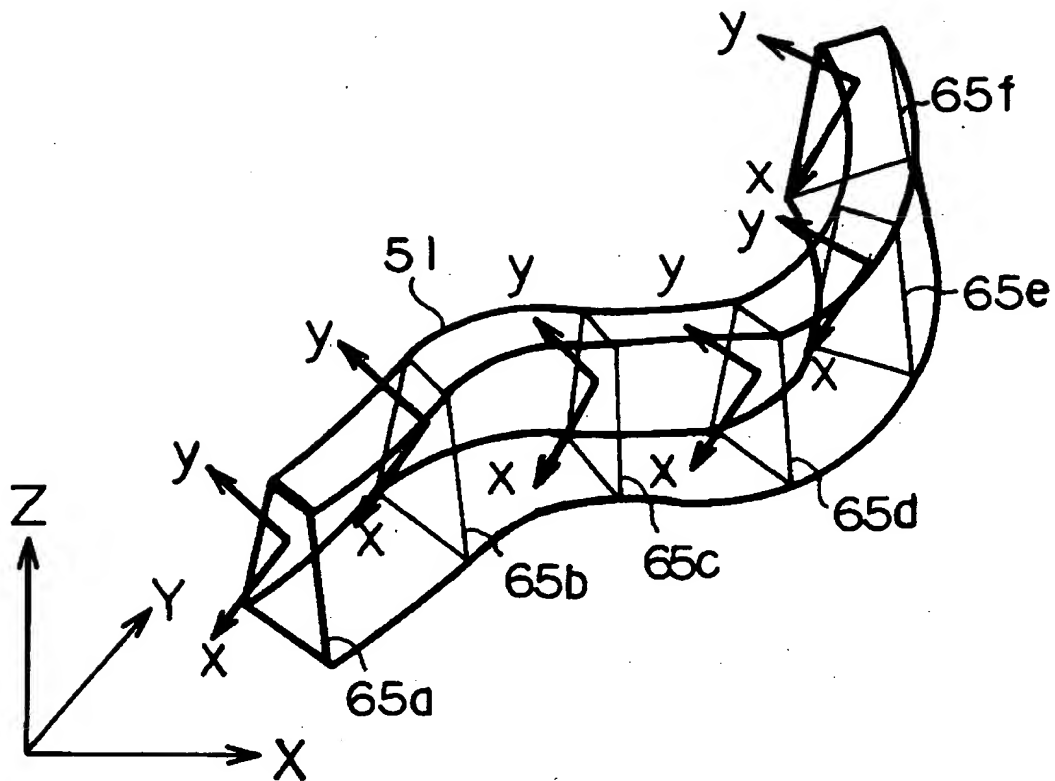
【図 1 1】



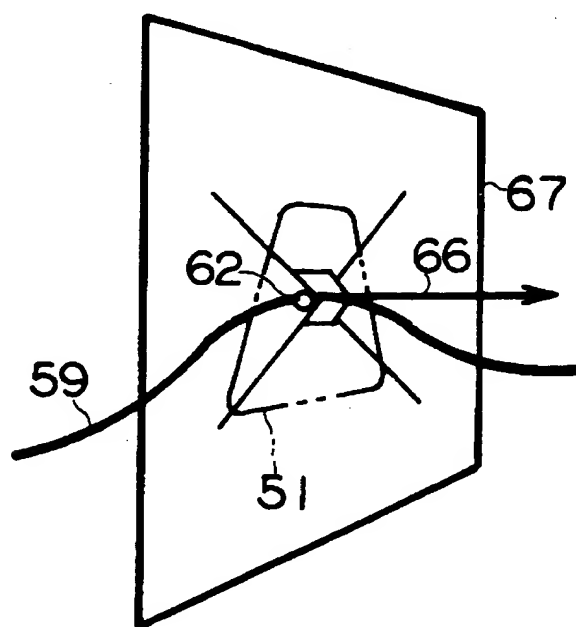
【図 1 2】



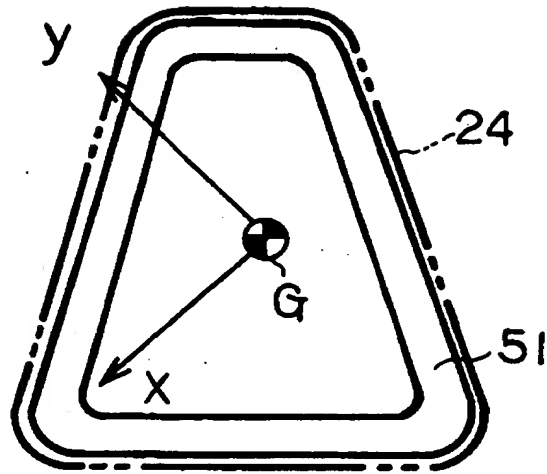
【図 1 3】



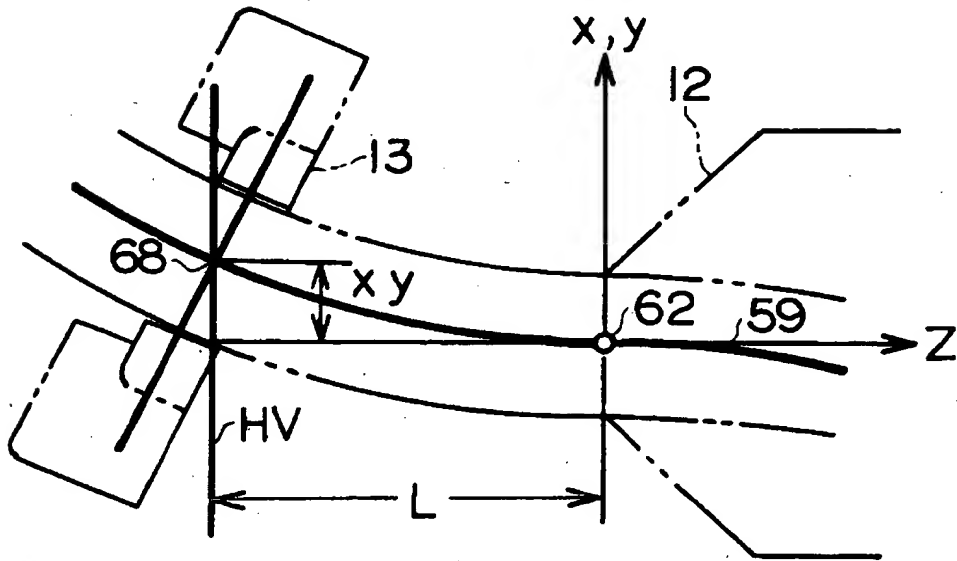
【図 1 4】



【図 1 5】

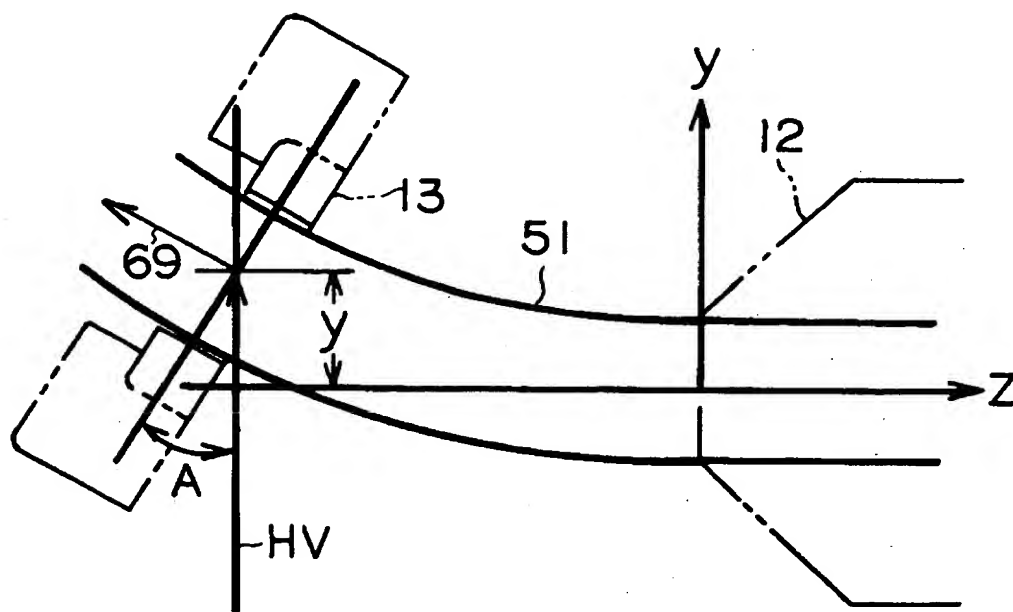


【図 1 6】

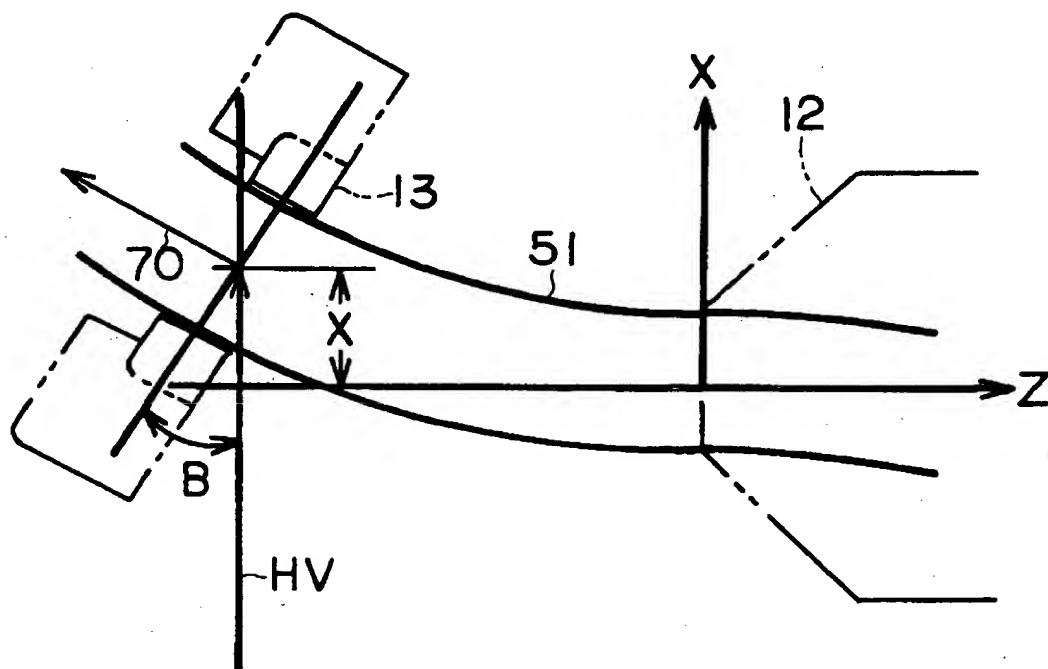




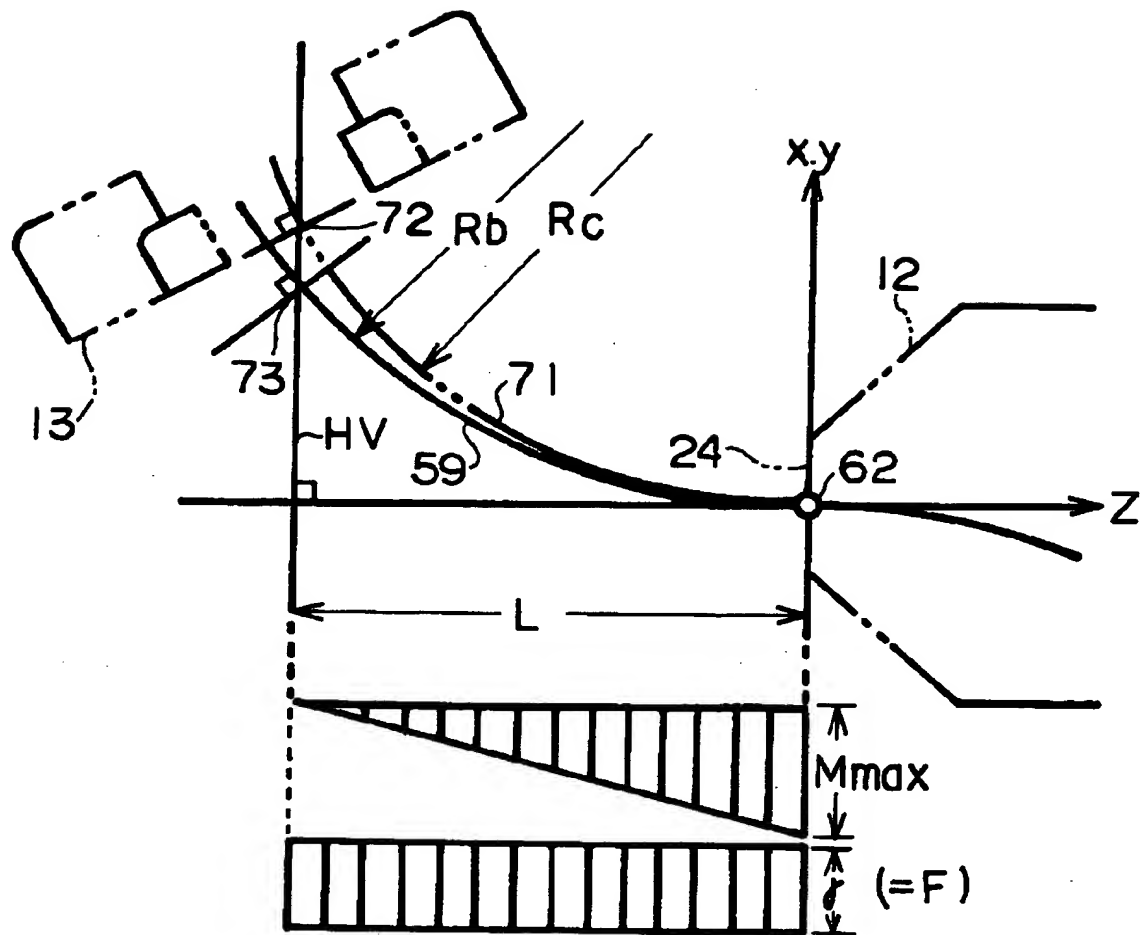
【図 1 7】



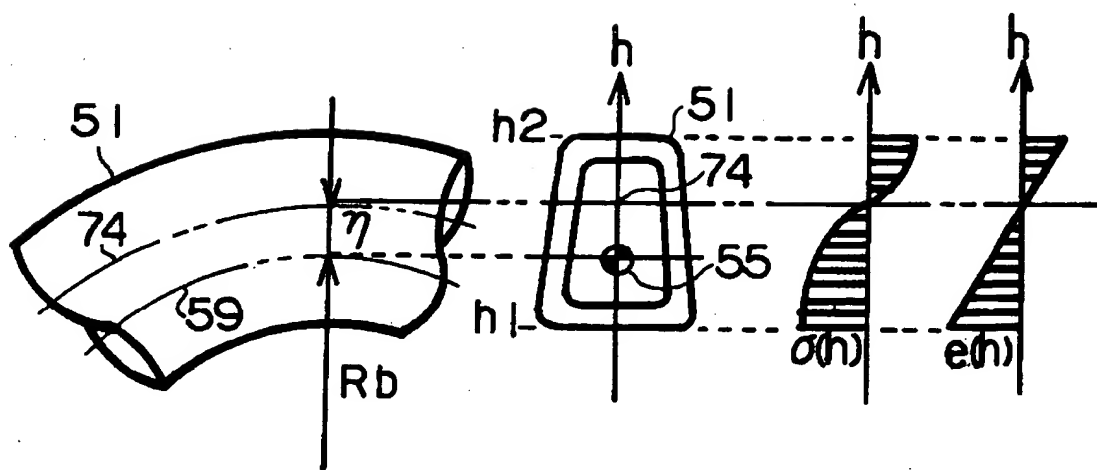
【図 1 8】



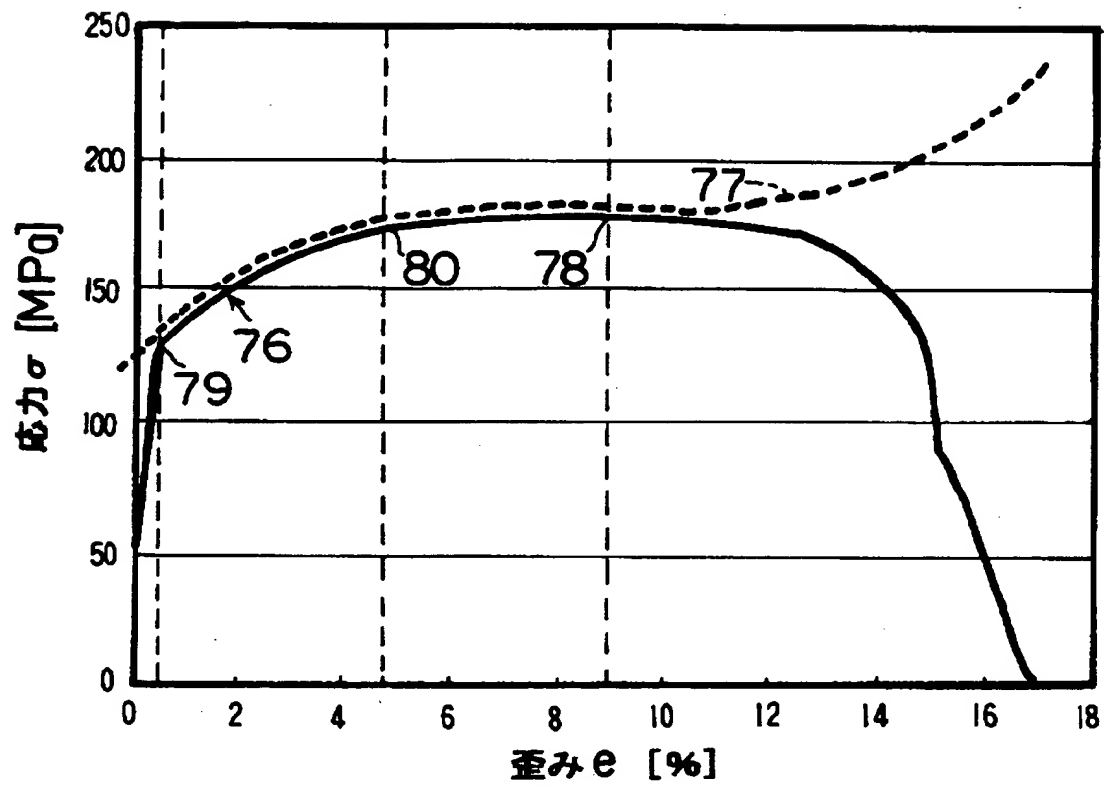
【図 19】



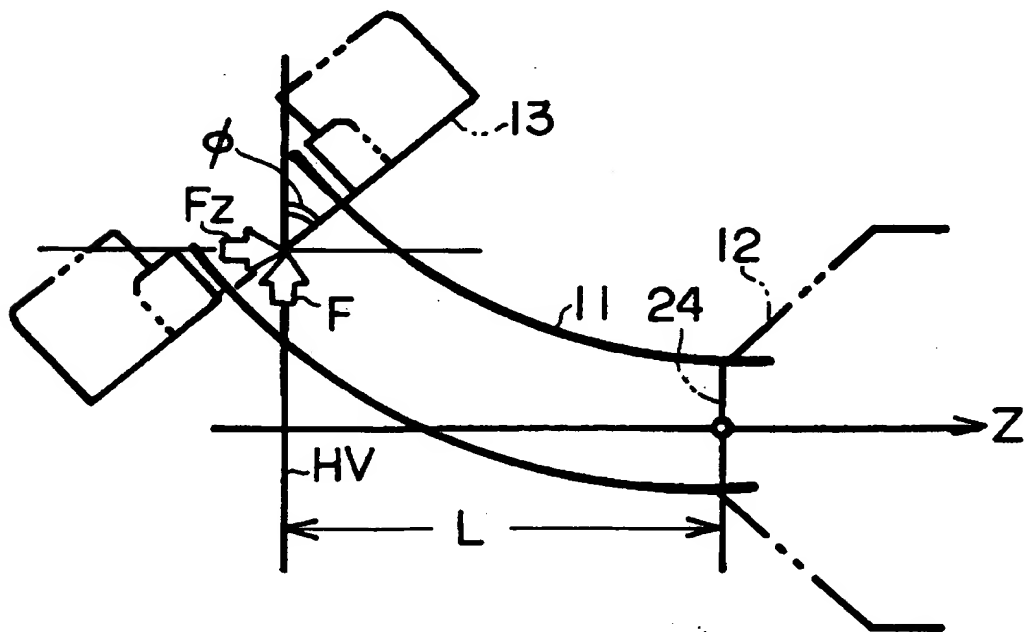
【図 20】



【図 2 1】

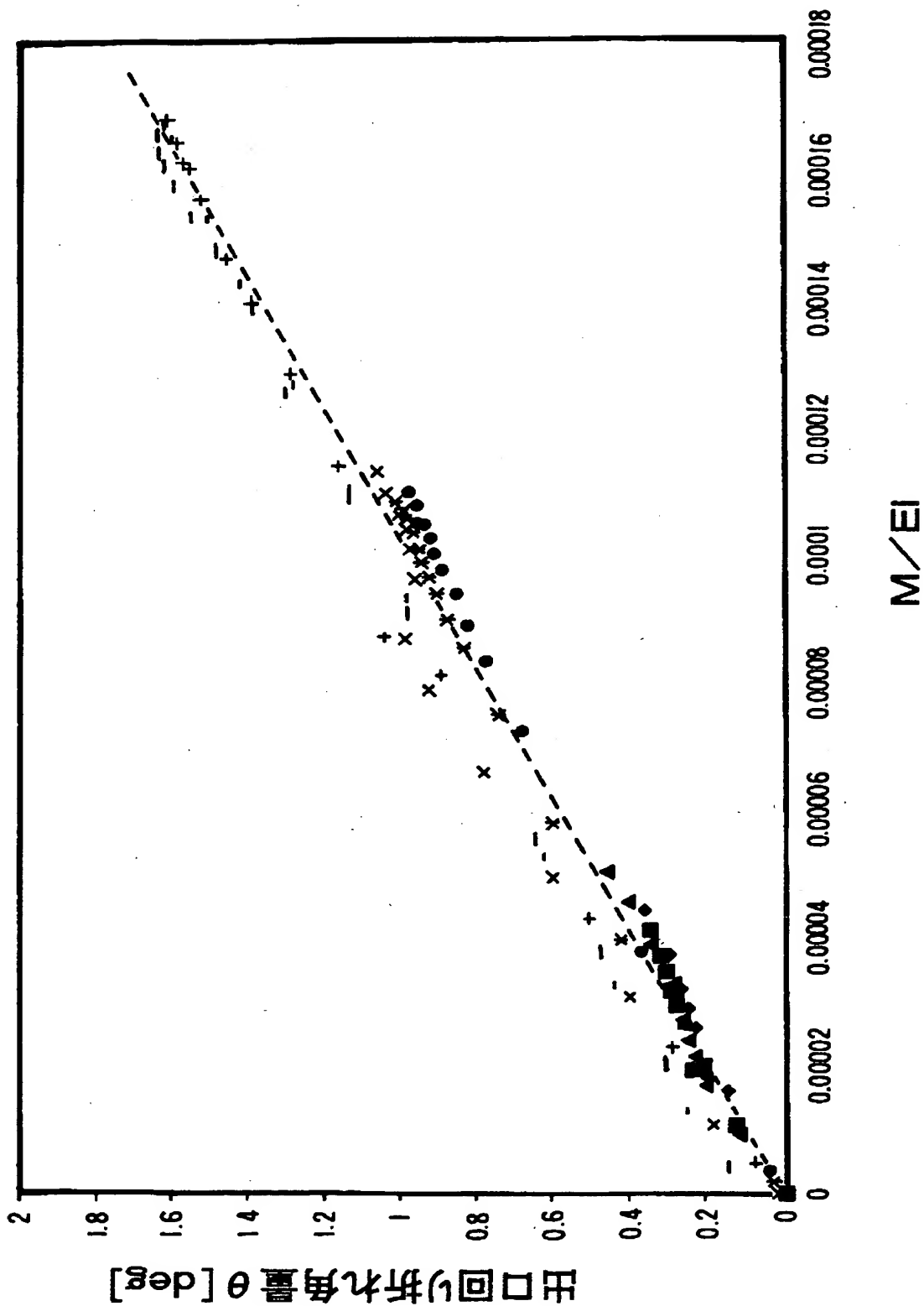


【図 2 2】

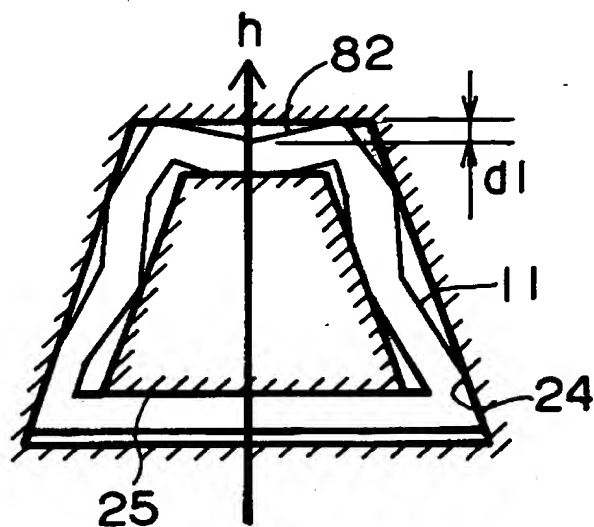




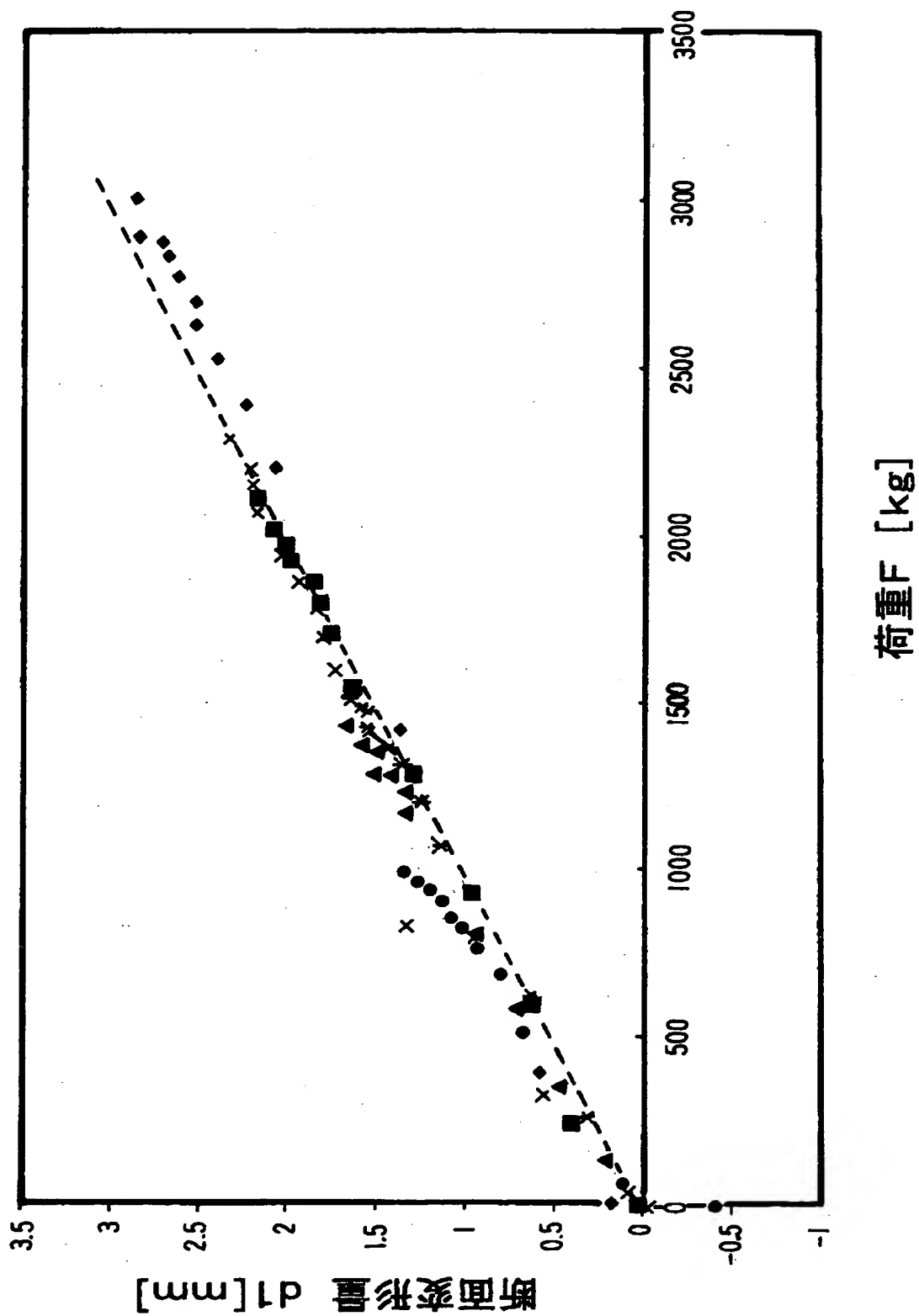
【図 2 4】



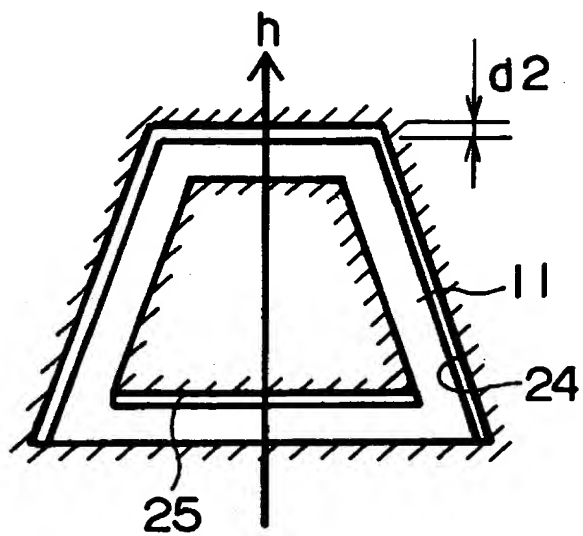
【図 2 5】



【図 26】



【図 2 7】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 できる限り実測データの収集の手間を省きながらも、高い精度で押し通し曲げ加工を実現する制御データを生成可能な押し通し曲げ加工機用制御データ作成方法を提供する。

【解決手段】 形状データで特定される長尺製品の曲率  $1/R_b$  に基づき、長尺材に加えられる曲げモーメントは算出される。算出された曲げモーメントに基づき、長尺材に引き起こされる弾塑性曲げ変形量すなわち実曲率  $1/R_c$  は算出される。算出された実曲率  $1/R_c$  に基づき可動型 13 の幾何的位置 73 は修正される。得られた可動型 13 の実加工位置 72 によれば、弾性復元力いわゆるスプリングバックに起因する長尺製品の形状誤差は十分に解消されることが出来る。特に、そういった実曲率  $1/R_c$  は曲げモーメントに基づき幾何学的に算出されることから、実測データの収集といった手間をできる限り省くことが可能となる。

【選択図】 図 19

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日	1990年 9月 6日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区南青山二丁目1番1号
氏 名	本田技研工業株式会社